



UNIVERSITY OF ILLINOIS
LIBRARY

Class

506

Book

BSBS

Volume

1903

Ja 09-20M

PERIODICALS

751

200

BULLETINS

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

BULLETINS

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1903



BRUXELLES

HAYEZ, IMPRIMEUR DE L'ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE
Rue de Louvain, 412

1903

506
BSBS
1903

Discours prononcé par M. Éd. Van
Beneden, comme président de l'Académie, lors de la réception au Palais
le 1^{er} janvier 1903.

SIRE,

Interprète des sentiments de l'Académie royale
des sciences, des lettres et des beaux-arts, j'ai
l'honneur de présenter à Votre Majesté les vœux
que nous formons pour Son bonheur, pour la
grandeur et la durée de Son règne.

Au lendemain de la mort de notre regrettée
Reine, et alors que la nation s'associait à Votre
deuil, un odieux attentat a été dirigé contre Votre
personne. Il nous a fait apprécier, plus hautement

que jamais, tout ce dont le pays est redevable à l'intervention prévoyante et éclairée de Votre Majesté. Nous rendons un hommage profondément respectueux à ce qu'Elle a tenté de faire pour garantir, dans l'avenir, notre indépendance nationale; à ce qu'Elle a fait dans le but d'assurer la richesse et la prospérité de la patrie.

Parmi tant d'œuvres mémorables, réalisées au cours d'un règne glorieux, l'histoire retiendra la transformation, opérée depuis trente ans, des méthodes d'enseignement dans nos Universités. Grâce à la création de laboratoires, de séminaires et d'instituts, des jeunes gens d'élite sont initiés chaque année à la manière dont s'édifie la science. Avant même d'avoir acquis leur diplôme final, ils se livrent à des recherches originales et réussissent parfois à produire des œuvres sensationnelles. Je crois pouvoir affirmer, Sire, qu'à aucune époque de notre histoire, la participation de la Belgique aux progrès des sciences et des lettres n'a été aussi active qu'aujourd'hui; jamais le recrutement de l'Académie ne s'est fait avec

autant de facilité. C'est avant tout à l'enseignement pratique, dans nos Universités, que nous devons ce résultat.

Sire, dans la nature organique tout entière, le progrès repose sur le principe qui assure au plus apte le triomphe dans la lutte pour l'existence. Quand, s'inspirant de ce principe, et écartant toute considération d'ordre politique, les pouvoirs publics se laissent guider, dans l'organisation de l'enseignement, par l'exclusive préoccupation de rechercher les plus capables et les plus dignes, l'avenir intellectuel d'une nation peut être envisagé avec confiance.

Les vœux que nous vous offrons, Sire, nous les adressons à la Famille Royale tout entière.

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1903. — N° 1.

CLASSE DES SCIENCES.

Séance du 10 janvier 1903.

M. ÉD. VAN BENEDEN, directeur pour 1902, occupe le fauteuil.

M. le chevalier EDM. MARCHAL, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. Paul Mansion, *directeur* pour 1903 ; G. Dewalque, C. Malaise, J. De Tilly, Ch. Van Bambeke, Alfr. Gilkinet, G. Van der Mensbrugghe, W. Spring, Louis Henry, M. Mourlon, P. De Heen, C. Le Paige, F. Terby, Léon Fredericq, V. Masius, J. Neuberg, A. Lancaster, A.-F. Renard, L. Errera, Julien Fraipont, *membres* ; Maurice Delacre, Paul Pelse-neer, Émile Laurent, J. Massau et Aug. Lameere, *correspondants*.

MM. Lagrange et Deruyts écrivent pour motiver leur absence.

CORRESPONDANCE.

M. le Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique transmet :

1° Par dépêche du 30 décembre, une ampliation d'un arrêté royal en date du 26 du même mois nommant M. Mansion, directeur de la Classe, président de l'Académie pour l'année 1903 ;

2° Par dépêche en date du 24 décembre, une ampliation de l'arrêté royal en date du 18 précédent, décernant le prix décennal des sciences zoologiques à l'œuvre de M. Van Bambeke.

— Le même Ministre demande que la Classe lui soumettre une liste de dix noms pour le choix du jury chargé de juger la première période décennale du prix des sciences mathématiques appliquées. Ce concours ne comprendra, par mesure exceptionnelle et transitoire, que les ouvrages publiés depuis le 1^{er} janvier 1894 jusqu'au 31 décembre 1902.

— M. le Ministre de l'Agriculture, répondant à une lettre qui lui a été adressée le 14 novembre 1899, comme suite à une décision de l'Assemblée générale des trois Classes de la même année, fait savoir qu'il a confié à M. Bonquet le buste de L.-G. de Koninck et à M. Gobert le buste de J.-C. Houzeau, pour la galerie des bustes des académiciens décédés.

— MM. J. Massau et Aug. Lameere, élus correspon-

dants, ainsi que MM. Duhem, Poincaré, Flemming et Pflüger, élus associés, remercient pour leur élection.

— Sir Michel Foster, secrétaire de la Société royale de Londres, président de la deuxième session de l'Association internationale des Académies, propose de réunir le comité international à Londres, en 1905, à la Pentecôte. (*Adhésion.*)

— M. le Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique envoie, pour la bibliothèque de l'Académie, un exemplaire des *Archives de biologie*, publiées par Edouard Van Beneden et Charles Van Bambeke, tome XVIII et tome XIX, fasc. 1-2. — Remerciements.

— Hommages d'ouvrages :

1° *Trente-cinq années de travaux mathématiques et astronomiques* ; par F. Folie ;

2° *La grande pluie météorique de novembre 1899* ; par G. Barone, professeur à l'Observatoire d'Alassio (Italie) (première livraison des Mémoires de la Société belge d'astronomie, section des Étoiles filantes, et présenté, avec une note pour le *Bulletin*, par M. C. Le Paige, au nom de M. Jacobs, président de la Société) ;

3° *Notice jointe à l'édition française des profils représentant la genèse et la structure de l'écorce solide du globe du Dr Alphonse Stübel* ; par W. Prinz ;

4° *Contribution à l'étude de la chimie et de la physiologie du sang de la glande thyroïde et de la peptone* ; par le Dr Marcel Monnier ;

5° *La Finlandia. Ricordi e studi* ; par le professeur commandeur Igino Cocchi, de Florence (présenté par M. Dewalque, avec une note pour le *Bulletin*).

— Remerciements.

— Travaux manuscrits renvoyés à l'examen :

1^o *Recherches algésimétriques* ; par M^{lles} I. Ioteyko, docteur en médecine, adjointe au laboratoire de psychologie de l'Université de Bruxelles, et M. Stefanowska, docteur en sciences, privat-docent à l'Université de Genève. (Travail du laboratoire psychologique Kasimîr de l'Université de Bruxelles.) — Commissaires : MM. Fredericq et Vanlair ;

2^o *Solution complète du problème de l'équilibre d'un corps solide rigide ayant deux points fixes* ; par Eug. Ferron, à Luxembourg. — Commissaires : MM. Ch. Lagrange et J. Massau.

PRIX THÉOPHILE GLUGE,

FONDÉ EN FAVEUR DE LA PHYSIOLOGIE.

(1^{re} période : 1901-1902.)

La Classe a reçu les travaux suivants :

Nolf (le Dr P.) : 1^o *Technique de la cryoscopie du sang.*

2^o *Action des injections intraveineuses de propeptone sur la pression dans l'artère et la veine pulmonaires.*

3^o *Étude des propriétés biologiques des différentes propeptones dérivées d'une même substance albuminoïde.*

4^o *Procédé nouveau applicable à l'étude des substances à action vaso-motrice et à la détermination de la durée totale de la circulation.*

5^o *Respiration périodique et courbes vaso-motrices chez le chien propeptoné.*

6° *Contribution à l'étude de l'immunité propeptonique du chien.*

7° *Étude de l'immunité propeptonique du lapin.*

Les nos 1 à 6 sont imprimés dans les *Bulletins* et les *Mémoires* in-8° de l'Académie royale des sciences.

Le n° 7 est un manuscrit.

Bullot (G.). *Sur la physiologie de l'épithélium cornéen.* Manuscrit accompagné : 1° d'un cliché photographique et d'une épreuve de ce cliché avec notes explicatives; 2° d'une planche en couleur; 5° du dessin d'un appareil; 4° de dix-neuf préparations renfermées dans un carton; 5° d'une préparation conservée dans un flacon. — Commissaires : MM. Masius, Plateau et Fredericq.

ÉLECTIONS.

La Classe procède à l'élection de son directeur pour l'année 1904 : M. Léon Fredericq est élu.

« Avant de céder le fauteuil à mon successeur, dit M. Van Beneden, il est un devoir bien agréable que je désire remplir au nom de la Classe, en félicitant M. le Secrétaire perpétuel qui vient d'atteindre sa cinquantième année de services à l'Académie, d'abord comme attaché au secrétariat en janvier 1853, puis comme secrétaire adjoint et membre de la Classe des beaux-arts, et enfin comme secrétaire perpétuel des trois Classes depuis 1891, charge dans laquelle il justifie si pleinement la confiance que l'Académie a constamment mise en lui. »
(*Applaudissements.*)

M. Van Beneden se fait l'organe de la Classe, en invi-

tant M. le Secrétaire perpétuel à bien vouloir écrire à MM. le général Brialmont, Crépin et Ch. de la Vallée Poussin, que la maladie a éloignés des séances, pour leur exprimer les vœux les plus sincères au sujet du rétablissement de leur santé, et les assurer, en même temps, de la haute et sincère estime que leurs confrères professent pour eux.

Il termine en remerciant ses confrères de la confiance qu'ils ont bien voulu lui accorder pendant l'année écoulée.

M. Mansion, en prenant place au fauteuil, propose de voter des remerciements à M. Van Beneden pour la distinction avec laquelle il s'est acquitté de sa tâche. (*Applaudissements.*)

M. Fredericq, invité à venir prendre place au bureau, tient à assurer ses confrères qu'il s'inspirera de l'exemple de ses prédécesseurs; il assure la Classe de son dévouement.

— La Classe procède ensuite à la formation, par scrutin secret, d'une liste de dix noms à soumettre au Gouvernement, pour le choix du jury chargé de juger la première période du concours décennal des mathématiques appliquées.

Cette liste sera envoyée à M. le Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique, dès que la Classe sera assurée de l'acceptation de leur mandat par les membres élus.

NOTES BIBLIOGRAPHIQUES.

J'ai l'honneur de présenter à la Classe, au nom de M. F. Jacobs, président de la Société belge d'astronomie, l'ouvrage de M. G. Barone, professeur à l'Observatoire d'Alassio, sur *La grande pluie météorique de novembre 1899*.

Cette étude très complète et fort intéressante forme le premier volume des Mémoires de la Société belge d'astronomie.

Je crois pouvoir signaler que le Conseil de la Société a consacré à la publication de ce travail, dans la forme actuelle, le montant du prix Mailly attribué à son honorable président, M. Jacobs. L'intention de notre regretté confrère a donc été doublement réalisée, puisque le prix qu'il a fondé a non seulement servi à reconnaître les efforts de M. Jacobs pour répandre le goût et la connaissance de l'astronomie, mais à faciliter la publication d'un travail important consacré à l'étude d'un problème astronomique.

C. LE PAIGE.

IGINO COCCHI. *La Finlandia*.

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie, de la part de M. le professeur commandeur Iginò Cocchi, à Florence, le volume qu'il vient de publier sur la Finlande (1). A la suite d'un long voyage et de laborieuses études, notre éminent collègue a écrit ce livre *con amore*, et il le dédie

(1) I. COCCHI, *La Finlandia. Ricordi et studi*. Firenze, successori Le Monnier, 1902, gr. in-8°, ill., rel.

à la fois au peuple italien, auquel il veut faire connaître cet intéressant pays, et au peuple finlandais. Il sera lu partout avec un vif intérêt.

La première partie est consacrée à la géographie physique et à l'histoire naturelle de la région, y compris la chasse et la pêche. La deuxième est consacrée à l'ethnographie. La littérature, surtout la poésie épique, en occupe la plus grande partie. Dans la troisième, l'auteur étudie les institutions et les lois, les services publics, l'agriculture, la liberté de la terre, la transformation du prolétariat, les écoles, les sciences et les arts. Elle se termine par un émouvant chapitre sur l'avenir du pays.

Vient enfin un appendice littéraire, comprenant le prologue, le premier chant, une partie du troisième et du quatrième de « Kalevala » (la Demeure des héros), traduit par l'auteur en vers italiens; pour les deux derniers, le texte finnois est en regard.

Ce magnifique ouvrage est illustré de cinquante-quatre vues et de trois héliogravures hors texte.

G. DEWALQUE.

RAPPORTS.

La Classe décide le dépôt aux archives d'un mémoire de M. Charles Michaux, géomètre à Jambe, *Sur la théorie des Parallèles*, travail examiné par MM. De Tilly et Mansion.

Contribution à l'étude de la cellule folliculaire des glandes génitales des Gastéropodes ; par C. De Bruyne.

Rapport de M. Van Beneden, premier commissaire.

« L'intéressant travail que M. De Bruyne a communiqué à l'Académie sous le titre de *Contribution à l'étude de la cellule folliculaire des glandes génitales des Gastéropodes* n'est pas un exposé détaillé de ses recherches sur ce sujet, — l'auteur réserve la description analytique des faits pour un travail ultérieur, — mais une communication préliminaire, dans laquelle il formule ses conclusions. Aussi bien chez les Prosobranches unisexués que chez les Pulmonés hermaphrodites, les éléments histologiques de l'organe sexuel, qu'il soit ovaire, testicule ou glande hermaphrodite, se groupent en trois catégories : les cellules germinatives indifférentes, les cellules folliculeuses et les cellules de la lignée spermatique ou ovulaire. Les cellules folliculeuses, assimilées par l'auteur aux cellules de Sertoli des tubes séminifères des Mammifères, procèdent de la couche germinative concurremment avec les spermatogonies et les ovogonies ; elles suivent une évolution qui leur est propre et jouent à l'égard des cellules sexuelles un rôle nutritif. L'auteur traite de leur origine, de leurs caractères, de leur évolution et de leur rôle.

Je propose à la Classe de décider l'impression du travail de M. De Bruyne dans le *Bulletin* de la séance. »

Rapport de M. Pelseneer, second commissaire.

« Je constate le vif intérêt que présente la communication de M. De Bruyne, et la lumière qu'elle apporte sur divers points et notamment sur la question de l'origine de l'hermaphroditisme. Je me rallie donc entièrement et très volontiers aux conclusions du rapport de M. Van Beneden. »

En conséquence, la Classe décide l'impression au *Bulletin* du travail de M. C. De Bruyne.

Contribution à l'étude de la synthèse du benzène;
par Louis Gesché.

Rapport de M. Delacre, premier commissaire.

« M. L. Gesché soumet à la Classe un travail par lequel il a pris à tâche de compléter ses recherches antérieures sur l'action de la potasse alcoolique sur la dypnone.

L'auteur était arrivé à la polymérisation en isodypnopinacoline α , et cela avec un rendement de 80 %. Le mélange des produits secondaires, privés d'huile, est étudié par lui actuellement. D'après l'auteur, il contient au moins 84 % d'homodypnopinacoline α , composé que j'ai décrit antérieurement, mais que l'on ne pouvait guère s'attendre à rencontrer ici.

En conséquence, et si l'on se rappelle que l'homodypnopinacoline s'isomérisé en isodypnopinacoline α , on voit que la dypnone est susceptible de se polymériser, presque théoriquement, en un dérivé de la dypnopinacone.

Les produits que M. Gesché a isolés sont admirables de forme et de netteté, et je suis heureux de pouvoir

enregistrer, dans un chapitre qui me tient tant à cœur, des résultats qui, pour simples qu'ils paraissent, n'en ont pas moins demandé beaucoup d'habileté et de persévérance.

J'ai l'honneur de proposer l'insertion de cette note dans le *Bulletin*. »

M. Henry, second commissaire, déclare adhérer à cette conclusion, qui est adoptée par la Classe.

The Eulerian nutation of the Earth's axis;
by G. H. Darwin, Cambridge.

Rapport de M. Folie, premier commissaire.

« Il ne sera pas sans intérêt d'exposer les circonstances qui ont valu à l'Académie l'honneur de cette communication d'un des plus illustres géomètres modernes.

Il y a deux ans environ, énervé de la résistance opiniâtre opposée par tous les astronomes à mes démonstrations de l'incorrection des formules dont ils font usage, j'exposai en raccourci à M. Darwin l'historique de mes démêlés et lui demandai s'il ne m'aiderait pas à tirer l'astronomie de l'ornière dans laquelle elle était enlisée.

Il me répondit qu'il marcherait avec moi si j'avais raison. Nous correspondîmes longuement, lorsque enfin je trouvai une réduction purement trigonométrique des formules relatives aux axes principaux, aux formules relatives à l'axe instantané.

M. Darwin de son côté résolut directement le problème du mouvement d'une Terre libre autour de son axe instantané. Je l'ai prié de bien vouloir m'autoriser à

communiquer à l'Académie ce travail très profond, et il y a consenti.

Je n'analyserai pas ce mémoire si original, qui résout pour la première fois, d'une manière tout à fait directe, un problème que les astronomes croient résolu depuis trente ans, tandis que depuis douze ans je conteste l'exactitude des formules dont ils font usage.

Mes formules concordent absolument avec celles que M. Darwin a trouvées dans le cas d'une Terre libre; je me bornerai à en citer la principale : Dans le système de l'axe instantané, l'heure est sujette à des variations de même période que celle des variations de latitude, et de même ordre que ces dernières sous les parallèles de 45° , plus considérables sous des latitudes plus élevées. Il en résulterait, par exemple, une différence de $0^s,02$, dont les astronomes ne tiennent nul compte, entre les heures déterminées à peu près au même instant à Melbourne et à Tokio, ou bien au Cap et à Berlin. Nous ne voulons faire à aucun astronome l'injure de supposer qu'il puisse admettre une telle heure, lorsqu'on va jusqu'à calculer les $0^s,001$ dans les ascensions droites des fondamentales.

Le système de l'axe instantané doit donc être absolument rejeté quant aux formules relatives à l'heure et aux ascensions droites.

Quant à la formule de la latitude rapportée au pôle instantané, elle n'est correcte que pour le cas d'une Terre libre. Dans le cas de la nature, il peut y avoir une différence de $0'',02$ à $0'',03$, dont les astronomes ne tiennent aucun compte, entre les latitudes déterminées le même jour en deux lieux distants de douze heures en longitude. Je ne suppose pas que les astronomes veuillent se contenter d'une pareille approximation.

Je suis très reconnaissant à M. Darwin de ce qu'il a bien voulu entreprendre et mener à bonne fin cette recherche délicate. La question est maintenant définitivement tranchée. Pendant longtemps, j'ai été seul à soutenir contre tous que les formules usuelles de l'astronomie sphérique sont erronées. Aujourd'hui nous sommes deux. Quand nous serons trois, nous deviendrons légion, et cette légion rejettera les formules que le Congrès de 1896 avait cru inconsidérément pouvoir imposer à tout le XX^e siècle. On en reviendra au méridien fixe et aux saines formules de Laplace-Bessel, en y ajoutant les petits termes nouveaux introduits par la considération du mouvement de l'écorce solide.

Le profond travail de M. Darwin aura grandement contribué à ce résultat prochain. Nous proposons à la Classe d'en ordonner l'impression dans son *Bulletin*, et d'adresser ses vifs remerciements à l'auteur pour l'honneur qu'il lui a fait en le lui communiquant. »

—

Rapport de M. C. Le Paige, second commissaire.

« Dans la séance du 2 août 1902, notre savant confrère M. Folie a présenté une note *Sur la période du mouvement absolu d'un point de la Terre autour de l'axe instantané*, que la Classe a bien voulu renvoyer à notre examen. Nous avons donc été amené à considérer un des problèmes traités aujourd'hui par l'éminent géomètre anglais, M. G.-H. Darwin, auquel la mécanique céleste est redevable de tant d'importants travaux.

Peut-être nous sera-t-il permis d'exposer la façon dont nous avons résolu cette question. Notre méthode n'a pas

l'élégance de celle qui est employée par M. Darwin, mais comme elle conduit à une formule qui ne diffère pas de la sienne, au moins d'une façon essentielle, l'Académie verra peut-être ce résultat avec quelque intérêt.

Nous supposons la Terre rigide et telle que deux moments d'inertie soient égaux; nous faisons d'ailleurs abstraction de l'action lunisolaire et des déformations élastiques de la Terre.

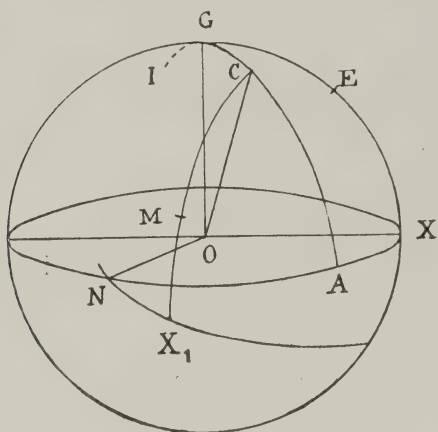


FIG. 1.

L'axe du couple des quantités de mouvement est fixe dans l'espace; nous considérons en outre une étoile E dont nous négligeons les mouvements propres : le plan passant par l'axe du couple et par l'étoile peut donc être regardé comme absolument invariable dans l'espace; nous le prendrons comme l'un des plans coordonnés du système invariable de l'espace.

L'axe principal d'inertie correspondant au moment C est déterminé et fixe dans la Terre. Si nous considérons un point M situé sur la Terre rigide, le plan passant par M et par l'axe d'inertie OC est fixe dans la Terre. Nous le prenons pour un des plans coordonnés dans le système invariable mobile avec la Terre.

Si maintenant nous déterminons la droite d'intersection ON des deux plans perpendiculaires respectivement à OG , OC , la figure permet de définir les angles eulériens

$$NX_1 = \psi, \quad NX = \varphi, \quad GC = \rho_2.$$

Dans l'hypothèse faite, l'axe instantané de rotation OI est situé dans le plan COG . Posons

$$IG = \rho_1, \quad GC = \rho_2, \quad IC = \rho;$$

on a d'ailleurs, comme on le sait,

$$\frac{\rho_2}{\rho} = \frac{A}{C}, \quad \frac{\rho_1}{\rho} = \frac{C - A}{C} (*).$$

Si l'on pose $n' = n \sec \rho_2$, il est aisé de voir que l'on aura

$$CGE = \frac{C}{A} n' t + \beta' - \frac{\pi}{2};$$

on aura de même

$$MCA = \frac{\pi}{2} - \frac{C - A}{A} n t - \beta;$$

(*) V. p. ex. NYRÉN, *Bestimmung der Nutation der Erdschse*, 18.

les constantes β , β' dépendent de l'origine choisie pour le temps.

Les formules que je viens d'écrire se déduisent d'ailleurs immédiatement de celles que l'on trouve dans tous les traités de mécanique pour les coefficients $\frac{d\varphi}{dt}$, $\frac{d\psi}{dt}$ (*).

Avant d'aborder le problème lui-même, établissons encore une relation fort simple entre les éléments d'un triangle sphérique dont un côté est très petit.

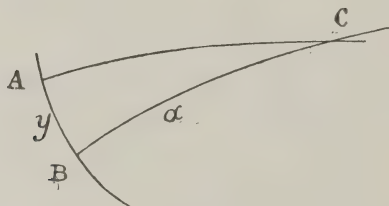


FIG. 2.

Soit le triangle ABC, où $AB = y$ est supposé très petit. Nous avons

$$\cotg a \sin y = \cos y \cos B + \sin B \cotg A.$$

Un simple développement en série de A, suivant les puissances de y , où l'on ne conserve que la première puissance de z , donne

$$A = \pi - B - y \cotg a \sin B.$$

(*) V. p. ex. DUHAMEL, t. II, pp. 162-165; GRAINDORGE, t. II, pp. 399-400, etc.

Cherchons à évaluer l'angle horaire de l'étoile E à partir du méridien instantané OIM.

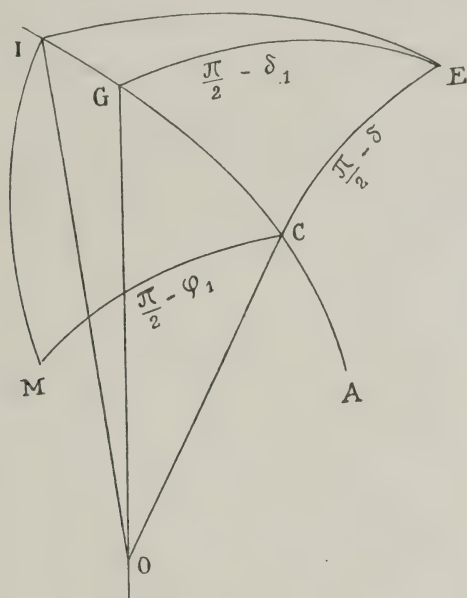


FIG. 3.

Suivant le sens des mouvements positifs, cet angle sera égal à MIE ou à $2\pi - \text{MIE}$.

$$\text{MIE} = \text{MIC} + \text{GIE}.$$

Considérons le triangle MIC; pour appliquer la formule (α), il faudra y faire

$$a = \text{CM} = \frac{\pi}{2} - \varphi_1; \quad y = \text{CI} = \varphi_1; \quad B = \text{ICM} = \pi - \text{MCA}.$$

■ Nous aurons ainsi

$$\begin{aligned} \text{MIC} &= \pi - \left[\pi - \frac{\pi}{2} + \frac{C-A}{A} nt + \beta \right] - \rho \operatorname{tg} \varphi_1 \cos \left(\frac{C-A}{A} nt + \rho \right) \\ &= -\frac{C-A}{A} nt - \rho \operatorname{tg} \varphi_1 \cos \left(\frac{C-A}{A} nt + \beta \right) + \frac{\pi}{2} - \beta. \quad (1) \end{aligned}$$

Considérons le triangle GIE; dans la formule (α), nous devons poser

$$a = GE = \frac{\pi}{2} - \delta_1; \quad y = IG = \rho_1; \quad B = IGE = \pi - \text{CGB},$$

et nous aurons

$$\begin{aligned} \text{GIE} &= \pi - \left[\pi - \frac{C}{A} n't - \beta' + \frac{\pi}{2} \right] + \rho_1 \operatorname{tg} \delta_1 \cos \left(\frac{C}{A} n't + \beta' \right) \\ &= \frac{C}{A} n't + \beta' - \frac{\pi}{2} + \rho_1 \operatorname{tg} \delta_1 \cos \left(\frac{C}{A} n't + \beta' \right). \quad (2) \end{aligned}$$

Faisons la somme des deux relations (1) et (2), il vient :

$$\begin{aligned} \text{MIE} &= -\frac{C-A}{A} nt - \rho \operatorname{tg} \varphi_1 \cos \left(\frac{C-A}{A} nt + \beta \right) + \frac{\pi}{2} - \beta \\ &\quad + \frac{C}{A} n't + \rho_1 \operatorname{tg} \delta_1 \cos \left(\frac{C}{A} n't + \beta' \right) - \frac{\pi}{2} + \beta'. \end{aligned}$$

Mais comme d'ailleurs $n' = n \sec \rho_2$ et que ρ_2 n'atteint pas $0''{,}2$, on peut sensiblement écrire $n' = n$.

On a donc

$$\begin{aligned} \text{MIE} &= nt - \rho \operatorname{tg} \varphi_1 \cos \left(\frac{C-A}{A} nt + \beta \right) \\ &\quad + \rho_1 \operatorname{tg} \delta_1 \cos \left(\frac{C}{A} nt + \beta' \right) + \gamma. \end{aligned}$$

L'angle horaire rapporté au méridien instantané contient donc deux termes périodiques : l'un de période eulérienne, qui a pour coefficient $\rho \operatorname{tg} \alpha_1$; le second de période à peu près diurne, qui a pour coefficient $\rho_1 \operatorname{tg} \delta_1$.

Ce dernier est pratiquement négligeable, puisque ρ_1 n'atteint pas 0'',001.

Ce résultat concorde donc entièrement avec celui qui résulte de l'analyse si élégante de M. Darwin.

Quant à la formule de l'illustre géomètre anglais qui donne l'angle du méridien instantané et du méridien géographique, elle se déduit si aisément de la figure que nous croyons pouvoir la démontrer par ce procédé.

Dans le triangle ICM, désignons par χ l'angle en M. Nous avons la relation

$$\cotg \rho \cos \varphi_1 = \sin \varphi_1 \cos \text{ICM} + \sin \text{ICM} \cotg \chi,$$

ou, en faisant d'abord $\text{ICM} = \alpha$,

$$\cos \varphi_1 \operatorname{tg} \chi = \operatorname{tg} \rho [\sin \varphi_1 \cos \alpha \operatorname{tg} \chi + \sin \alpha].$$

Un développement en série de χ donne immédiatement :

$$(\frac{1}{2}) \quad \left(\frac{1}{2} \right) \quad \left(\frac{1}{2} \right) \quad \chi = \rho \sec \varphi_1 \sin \alpha,$$

et comme d'ailleurs

$$\alpha = \frac{\pi}{2} + \frac{C - A}{A} nt + \beta,$$

$$\chi = \rho \sec \varphi_1 \cos \left(\frac{C - A}{A} nt + \beta \right).$$

Nous avons ainsi obtenu par un procédé différent les formules du mémoire de M. Darwin.

Mais faut-il en conclure que l'on doit nécessairement abandonner les observations dans le méridien instantané?

Pour répondre à cette question, déterminons en pre-

mier lieu l'angle horaire de l'étoile E rapporté au méridien fixe de la Terre OCM.

Il faudra pour cela évaluer l'angle NCE que nous pouvons décomposer dans ses deux parties : MCA, ACE.

$$\text{MCA} = \frac{\pi}{2} - \frac{C - A}{A} nt - \beta. \quad (3)$$

Considérons encore le triangle CGE et appliquons-y la relation (α).

Il faudra faire

$$\begin{aligned} A &= \frac{\pi}{2} - \delta_1; & y &= \rho_2; & B &= \text{CGE} = \frac{C}{A} n't + \beta - \frac{\pi}{2}; \\ A &= \text{GCE} = \pi - \text{ACE}. \end{aligned}$$

Nous aurons ainsi :

$$\begin{aligned} \pi - \text{ACE} &= \pi - \left[\frac{C}{A} n't + \beta' - \frac{\pi}{2} \right] \\ &\quad - \rho_2 \operatorname{tg} \delta_1 \cos \left(\frac{C}{A} n't + \beta' \right); \\ \text{ACE} &= \frac{C}{A} n't + \beta' - \frac{\pi}{2} + \rho_2 \operatorname{tg} \delta_1 \cos \left(\frac{C}{A} n't + \beta' \right). \quad (4) \end{aligned}$$

Ajoutant (3) et (4), il vient :

$$\begin{aligned} \text{MCA} + \text{ACE} &= - \frac{C - A}{A} nt + \frac{\pi}{2} - \beta \\ &\quad + \frac{C}{A} n't + \beta' - \frac{\pi}{2} + \rho_2 \operatorname{tg} \delta_1 \cos \left(\frac{C}{A} n't + \beta' \right), \end{aligned}$$

ou, en faisant encore $n' = n$,

$$\text{MCA} + \text{ACE} = nt + \rho_2 \operatorname{tg} \delta_1 \cos \left(\frac{C}{A} nt + \beta' \right) + \gamma. \quad (A)$$

Considérons encore le triangle CGB et posons $CE = \frac{\pi}{2} - \delta$, δ sera la déclinaison rapportée à l'équateur géographique.

Nous avons

$$\sin \delta = \cos \rho_2 \sin \delta_1 + \cos \delta_1 \sin \rho_2 \sin \left(\frac{C}{A} n't + \beta' \right).$$

On trouve aisément, en se bornant aux quantités de premier ordre,

$$\delta = \delta_1 + \delta_2 \sin \left(\frac{C}{A} n't + \beta' \right) \quad . \quad . \quad . \quad (B)$$

Il résulte des formules (A) et (B) qu'en rapportant les observations au méridien géographique, l'angle horaire contient un terme de période sensiblement diurne et dont le coefficient ρ_2 est de l'ordre des variations de latitude; que la déclinaison contient de même un terme de période diurne qui a le même coefficient ρ_2 .

Nous pensons qu'au point de vue de l'observation, la pratique suivie dans tous les observatoires est la meilleure, mais nous estimons qu'il y a lieu de tenir compte du terme, qui n'est pas négligeable, dépendant de la variation du pôle instantané.

Je dois cependant limiter ce rapport déjà trop long et ne pas discuter, pour le moment, la question d'une façon plus approfondie.

Il est évident, après ce que je viens de dire, que je me joins à l'honorable M. Folie pour proposer également à la Classe d'ordonner l'impression dans son *Bulletin* du texte anglais de l'important travail de M. Darwin et d'adresser des remerciements à l'auteur. » — Adopté.

Les groupes cellulaires de la corne antérieure de la moelle des Sauriens ; par Maurice Philippson.

Rapport de M. Van Beneden, premier commissaire.

« M. Maurice Philippson communique à la Classe une note sur le groupement des cellulès dans la corne antérieure de la moelle des Sauriens.

Waldeyer a le premier décrit, dans son *Étude sur la moelle épinière du Gorille et de l'enfant*, un certain nombre de groupes bien définis de cellules nerveuses. On a attribué de l'importance à cette découverte en ce que l'on a cru pouvoir localiser dans ces groupes l'innervation de certaines catégories de muscles déterminés.

M. Philippson a étudié la moelle de deux Sauriens, l'un pourvu de membres, le Lézard, l'autre apode, l'Orvet. Chez le premier, il existe, comme chez les Mammifères, un renflement cervical et un renflement lombaire, répondant aux racines des nerfs qui fournissent aux membres antérieurs et postérieurs. Dans ces renflements l'auteur observe le même groupement des cellules de la corne antérieure que dans les renflements cervical et lombaire des Mammifères. Chez l'Orvet, où les membres manquent, il n'y a ni renflements médullaires, ni groupes de cellules motrices. L'existence de ces groupes paraît donc subordonnée à la présence des membres.

Je propose à la Classe de décider l'insertion de la note de M. Philippson dans le *Bulletin* de la séance. Les figures sont indispensables. »

M. Fredericq, second commissaire, déclare se rallier aux conclusions de son savant confrère.

Ces conclusions sont adoptées par la Classe.

COMMUNICATIONS ET LECTURES.

Observations de lexicographie chimique; par Louis Henry,
membre de l'Académie.

On sait quel développement immense a pris, dans son capital objectif, la « chimie du carbone » dans le cours de la seconde moitié et surtout du dernier quart du XIX^e siècle. Le nombre des composés qu'elle possède s'est accru dans des proportions extraordinaires. Je doute qu'aucune autre parmi les sciences physiques offre dans sa manière d'être historique le phénomène que présente la *chimie organique* de nos jours. Fait non moins étonnant, l'accroissement de cette branche de savoir dans son objet se poursuit dans le temps avec une intensité qui, allant sans cesse en s'accroissant, semble relever d'une progression géométrique.

Un chimiste allemand, directeur d'un établissement industriel de Carlsruhe, a eu l'idée de faire l'inventaire précis de ces richesses; il l'a réalisée avec une patience savante à laquelle il est juste de rendre hommage. Les tables des composés carbonés dressées par M. M. Richter (*), publiées d'abord en septembre 1885, signalaient 20,000 composés distincts, plus exactement 20,294 (**). Dans la seconde édition (***) de son volumineux catalogue,

(*) *Tabellen der Kohlenstoff-Verbindungen nach deren empirischen Zusammensetzung geordnet* von M. M. Richter. Berlin, 1884.

(**) Dans la première édition de son Catalogue, M. Richter avait indiqué 15,933. Cette erreur a été corrigée dans la seconde édition.

(***) *Lexikon der Kohlenstoff-Verbindungen* von M. M. Richter.

parue en 1900, M. Richter en compte 74,174. Un supplément en a été publié en 1901; il comprend l'œuvre nouvelle du 1^{er} avril 1899 au 31 décembre 1900. On y peut relever encore plusieurs milliers de combinaisons non décrites jusque-là. En en fixant le nombre à 5,000, je suis certain de ne pas dépasser la vérité.

Certes, cette fécondité témoigne hautement de l'activité des chimistes; elle leur fait honneur et il la faut admirer. Pour ma part, je l'admire grandement et sincèrement, tout en reconnaissant qu'elle cause de graves embarras et fait concevoir des inquiétudes justifiées à ceux que leurs devoirs professionnels obligent à suivre ce mouvement. Déjà en 1827, Léopold Gmelin invitait les adeptes de la chimie organique à arrêter leurs conquêtes de peur qu'il ne pût jamais terminer son *Traité*. Que ne dirait pas aujourd'hui cet étrange naturaliste! Quelque légitimes que soient certaines de ces préoccupations personnelles, elles doivent s'effacer devant les grands intérêts de la science. Dans le domaine des faits, aucune crise d'abondance n'est à redouter, de faits vrais, évidemment.

Comme dans un État régulièrement organisé, chacune de ces individualités chimiques a droit à un nom et doit le recevoir. L'ordre l'exige. C'est au point de vue des noms qui leur sont attribués que je viens en ce moment m'occuper de la multitude des combinaisons carbonées.

Mon intention n'est pas de faire ici ni l'exposé ni l'examen approfondis des systèmes divers, officiels ou officieux, de dénominations adoptées dans la chimie organique actuelle. Je tiens cependant à dire en passant que, reconnaissant l'utilité pratique et les avantages incontestables de certaines règles ou dispositions formu-

lées par la Commission française, et adoptées plus tard par la Commission internationale de la Nomenclature chimique, je regrette que cette institution, due en grande partie aux efforts persévérants de Friedel, soit presque délaissée depuis la mort de son illustre initiateur.

Je prendrai ces noms comme ils sont et pour ce qu'ils sont, tels qu'on les rencontre dans les diverses publications chimiques, bulletins de sociétés, recueils, mémoires, traités, etc.

Dans le nombre des composés carbonés, il en est qui ont reçu et qui reçoivent encore des noms que l'on peut appeler *naturels*, soit que ces noms rappellent l'origine de ces composés, soit qu'ils en indiquent certaines propriétés spécialement apparentes ou caractéristiques. Ce sont pour la plupart des *principes immédiats* fournis par les règnes organiques, et en nombre beaucoup moindre, certains composés artificiels qui en dérivent. Ces noms *naturels* sont en général d'un genre simple, courts et ne blessent pas l'euphonie. Je ne m'y arrêterai pas, sinon pour dire qu'ils méritent à tous égards d'être conservés. Aussi bien on n'est nulle part disposé à les abandonner.

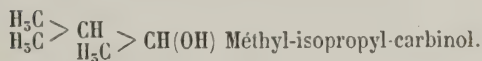
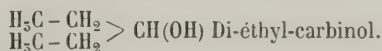
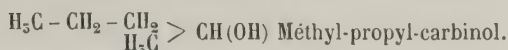
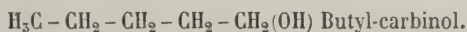
Mais la très grande majorité des composés carbonés mis au jour sont des produits purement *artificiels*, éclos dans les laboratoires sous l'œil et à l'appel des chimistes. Ils doivent leur existence à l'application intelligente des deux méthodes fondamentales qui servent à construire ou à modifier les *noyaux polyatomiques*, carbonés ou autres, l'*analyse* dans certains cas, mais dans des cas infiniment plus nombreux, la *synthèse*. Ces corps se rattachent ainsi par des liens très directs et fort apparents, à certaines combinaisons *mères* dont ils dérivent par voie de substitution, certains éléments ou groupements d'éléments de

ces combinaisons fondamentales étant remplacés par d'autres éléments ou groupements d'éléments, comme l'on dit par des radicaux *simples* ou *composés*. Ces radicaux sont en général des fragments de composés plus simples, soit de la chimie minérale, soit de la chimie organique elle-même. On leur a donné des noms spéciaux. Ces rapports de composition ou de filiation trouvent leur expression graphique dans les formules dites de *structure* ou de *constitution*. Les noms de la langue parlée ou écrite en sont la traduction. Ces noms sont ainsi des noms *structuraux* ou *constitutionnels*. Il faut ajouter à cela l'emploi de certaines particules, telles que *para*, *méta*, *ortho*, *iso*, *pseudo*, *cis*, *trans*, etc. ; leur introduction dans ces noms complexes permet de représenter, dans une certaine mesure, la position des radicaux qui en sont affectés, les uns par rapport aux autres.

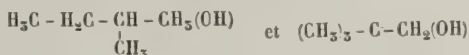
Il s'est ainsi constitué, au cours du temps, de l'assentiment tacite ou explicite des chimistes, un véritable système de nomenclature de combinaisons organiques, exprimant d'une manière plus ou moins complète, parfois fort heureuse, la composition des corps. Ce système n'est pas, malgré des différences notables au fond, sans analogie avec la nomenclature usitée depuis Lavoisier en chimie minérale, laquelle reste, aujourd'hui encore, malgré ses imperfections, un admirable monument de langage chimique. Les avantages de la *nomenclature structurale* des composés carbonés sont trop apparents pour qu'il soit nécessaire de les faire ressortir en détail par de nombreux exemples. Je n'en citerai qu'un seul, la nomenclature des *alcools monoatomiques* $C_nH_{2n+1}(OH)$ imaginée par Kolbe.

Alcool *par excellence*, l'alcool méthylique $H_3C - OH$ est

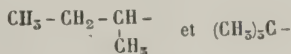
le point de départ d'un groupe nombreux d'alcools *monoatomiques* de genres divers, primaires, secondaires et tertiaires. Ceux-ci en dérivent par la substitution, partielle ou totale, de radicaux hydrocarbonés à l'hydrogène du radical *méthyle* - CH₃. Kolbe a donné le nom de *carbinol* au composé primordial, l'alcool méthylique. En y accolant les noms des radicaux substituants, on arrive aisément à donner à beaucoup d'alcools, à tous, si tous ces radicaux eux-mêmes portaient un nom, des noms significatifs. A l'étage C₅ existent déjà sept alcools isomères ou *pentanols* H₁₁C₅ - OH, dérivés des trois variétés du *pentane* C₅H₁₂. Voici les noms de cinq d'entre eux :



(*) Je laisse de côté les deux *pentanols* suivants :



Les radicaux



qu'ils renferment, ne portent pas jusqu'ici de noms particuliers. C'est regrettable.

Ce système est d'une ingénieuse simplicité. Je l'ai toujours trouvé excellent.

Mais si l'on ne peut méconnaître les avantages de la *nomenclature structurale*, on ne peut non plus méconnaître les inconvénients que son application intégrale entraîne parfois, je dois même dire très fréquemment.

De la nature même de ces noms structuraux, de la nature même des règles qui président à leur formation, il résulte que dans les cas où ils ont à exprimer une composition moléculaire quelque peu complexe, ces noms prennent une longueur démesurée. Parlant et écrivant en français, c'est au point de vue de cette langue qui fut autrefois, en quelque sorte, la langue officielle de la chimie, que je me placerai tout d'abord et spécialement. Aussi bien les observations que j'ai à formuler s'appliquent à la nomenclature organique en toutes les langues, à la langue italienne comme à la langue française, à la langue anglaise et à la langue allemande, les principales au point de vue chimique parmi les langues du Nord.

Il n'est pas nécessaire d'être bien versé dans la lexicographie pour savoir de quoi se constituent en général les mots en français. Les mots de trois et quatre lettres ne sont pas rares ; ceux de cinq, six, sept et huit lettres sont des mots ordinaires ; ceux de dix, douze et treize lettres paraissent déjà sortir de la moyenne. On regarde comme de *longs mots* ceux de quinze à vingt lettres ; la plupart sont des substantifs transformés en adverbess par la finale *ment*. Le plus long des mots *français*, de ceux du moins officiellement reconnus par l'Académie (*), ne

(*) *Dictionnaire de l'Académie française*, 1877, 7^e édition.

compte que vingt-trois lettres. Peut-être n'est-il pas connu de tout le monde, et vaut-il la peine de l'indiquer : c'est *inconstitutionnellement*. On doit reconnaître que si ce mot majestueux retentit fréquemment de nos jours dans les parlements, l'usage en est nul dans le langage scientifique. A ce titre, il m'est permis de n'en tenir compte que pour constater combien il paraît de modeste taille au regard de ceux que l'on rencontre si nombreux dans la langue usuelle de la chimie organique contemporaine. Les mots de vingt-cinq, de trente, de trente-cinq lettres n'y sont pas à compter; ceux de quarante, de quarante-cinq lettres y sont fréquents. Il suffit pour s'en convaincre de parcourir n'importe quelle publication scientifique consacrée à la chimie organique. Les exemples de ces mots kilométriques sont à y recueillir par centaines, moins toutefois dans le groupe des composés *aliphatiques* que dans celui, éminemment plus riche, des composés *aromatiques*. Au moment où j'écris ces lignes, je reçois le n° 2 de la *Chemisches Centralblatt* où sont analysés, comme l'on sait, tous les travaux de chimie en général. J'y relève les noms suivants au milieu de beaucoup d'autres :

Isonitrosomalondiméthylamide;

Trinitroxylylméthylnitramine;

Éthylamidotrinitrotoluol;

Trinitrodiméthylphénylendiamine;

Méthylamidoanilidotrinitrobenzol;

Trinitro-m-phénylendiéthylnitramine;

Hydrindaminbromcamphersulfonate;

Diméthoxydihydroxybenzolcoumarone.

Sous ce rapport, rien n'est plus démonstratif que l'exa-

men des pages 711 à 716 du grand Traité de Lassar-Cohn (*), lesquelles servent de table des matières au chapitre consacré à la *condensation* en chimie organique. Il n'est pas inutile de citer quelques spécimens des noms qui s'y rencontrent :

Dichlorbenzaldehyde et *méthyltoluidine* en *diméthylamidotolyldichlorphénylméthane* ;

Méthylaniline et *tétraméthylamidohydrol* en *pentaméthyltriamidotriphénylméthane* ;

Acide naphtylaminsulfonique et *tétraméthylamidobenzhydrol* en *acide tétraméthylamidonaphtylaminméthansulfonique*.

On peut citer de ces noms qui comptent jusqu'à cinquante lettres. En voici un exemple tiré de la même source féconde :

Acide éthylbenzylanilinsulfonique et *oxybenzaldehyde* en *acide oxydibenzyl-diéthylamidotriphénylméthandisulfonique*.

Il serait superflu d'aller au delà dans cette énumération.

Ces mots polymérisés, véritables monstres typographiques, inquiètent et effraient. C'est du moins l'impression que j'en ressens et je la crois générale. Leur présence répétée dans certains travaux détermine une contention d'esprit qui en rend la lecture pénible et l'intelligence difficile ; pour en aborder l'étude, il faut vraiment faire acte de volonté et déployer un certain courage. Ce n'est pas moi qui dirai qu'on l'a toujours.

(*) LASSAR-COHN, *Arbeitsmethoden für Organisch-Chemische Laboratorien*, etc., 1901.

Comment modifier cette situation dont les inconvénients, par trop apparents, iront, la chose est certaine, toujours en s'accroissant ?

Supprimer ces noms démesurés pour les remplacer par des noms moins étendus, mais d'ordre vulgaire, produits de l'imagination des chimistes, il n'y faut pas songer. Ce serait se priver, sans grand profit, d'un avantage certain et d'une haute valeur, celui de la connaissance de la composition approximative des corps par l'expression de leur nom. Les noms vulgaires ne sont guère recevables que pour des produits qui parviennent à entrer fort avant dans la pratique chimique ou sont d'un emploi fréquent dans la médecine ou l'industrie. Les chimistes peuvent les adopter alors qu'ils s'appliquent à toute une classe de corps ou au moins à un genre; ainsi en est-il des dénominations d'*urée*, d'*uréthane*, de *carbinol*, etc.

A mon sens, une seule chose est à faire en ce moment, c'est le fractionnement de ces noms d'étendue extraordinaire et en général des noms *structuraux* par la séparation de leurs divers membres par le trait d'union. Ces mots composés seraient ainsi transformés, dans une certaine mesure, en divers mots presque distincts, et tout en perdant leur compacité lourde et désagréable, ils conserveraient leur signification constitutionnelle.

Je ne prétends pas que le *trait d'union* soit aujourd'hui absolument et complètement inusité dans les noms structuraux. Mais on ne l'y rencontre que d'une manière irrégulière et en quelque sorte exceptionnelle. On l'y voit d'abord quand il n'est pas strictement possible de s'en passer, comme dans les noms dont les diverses parties

sont séparées par des chiffres ou de simples lettres. En voici quelques exemples :

2. Brom - 1,4, naptochinon - β - brom - α, γ - dikétohydrindène.

p. Méthoxy - a - chlorbenzyl désobenzoïne.

5,4 - Diméthoxy - a - chlorbenzyl désoxybenzoïne.

2. Nitro - 6 - brom - 4 - benzoylaminophénol (*).

Phényl - 1 - o - tolyl - 2 - éthyl - 5 - iminoxanthide.

Trichloro - 2 - 4 - 6 phénylhydrazo - acétaldoxime (**).

D'autres fois, on en constate la présence dans des circonstances telles qu'on ne peut l'attribuer à une règle ou à un dessein bien marqué, mais plutôt à un caprice ou une distraction de l'auteur.

Ce que je propose, c'est l'emploi constant et régulier du trait d'union.

Ce fractionnement des mots composés est en parfait accord avec le génie analytique de la langue française.

Je n'ignore pas que jusqu'ici le trait d'union n'y est que médiocrement en usage. Dans les loisirs de la réclusion à laquelle m'a condamné une indisposition récente, je me suis occupé à feuilleter patiemment le Dictionnaire de l'Académie française, édition de 1877. Je n'y ai relevé qu'environ 650 mots composés, disjoints dans leurs parties par le trait d'union. Dans ce nombre total de mots, je n'en ai trouvé qu'un seul renfermant trois fois ce signe typographique; dans huit seulement, il s'en rencontre deux; la presque totalité n'en renferme donc qu'un seul.

(*) *Chemisches Centralblatt*, 1903, n° 1, première partie.

(**) *Bulletin de la Société chimique de Paris*, n° 1, janvier 1903.

Je n'oublie pas non plus qu'à la suite des ordonnances du Ministre de l'Instruction publique de France, d'il y a quelques années, l'usage du trait d'union a encore été restreint et le nombre des mots composés, admis par l'Académie française, notablement diminué, comme nous l'apprend le rapport d'un de ses membres, M. Hanotaux.

Dans ces circonstances, l'introduction du trait d'union dans les noms chimiques *structuraux*, dans la mesure large et constante où l'hygiène intellectuelle et les intérêts de la science la réclament, ne paraît guère devoir rencontrer beaucoup de faveur dans les milieux non scientifiques. Mais je ferai remarquer que cette disposition typographique ne doit pas être envisagée au point de vue philologique, ni au point de vue de l'esthétique lexicographique ou typographique. Au risque d'éveiller les susceptibilités de linguistes prétentieux, je dirai que les langues ne me paraissent être que des instruments au service de l'intelligence; dans un instrument scientifique, une des qualités à considérer en tout premier lieu, c'est son utilité et sa parfaite adaptation à son but. Une langue est un moyen et non une fin : ainsi l'entend le bon sens.

A un autre point de vue encore, la dislocation des noms composites des combinaisons carbonées par le trait d'union serait profitable. Dans le nombre des *radicaux* ou des *particules* qui servent à les former par leur soudure ou leur juxtaposition, il en est qui commencent ou qui finissent, il en est même qui tout à la fois commencent et finissent par une *voyelle*; il arrive ainsi que, par la succession immédiate de ces fragments, il se forme des

voyelles composées ou des diphtongues ayant chacune leur son propre. Ces noms arrivent ainsi à prendre une physionomie et un caractère acoustique qu'ils ne possèdent pas naturellement :

a - i devient ai,
o - i devient oi,
o - u devient ou, etc.

Je ne citerai qu'un seul exemple de ces consonnances malencontreuses : les *uréthanes nitrées* de M. Franchimont devenant des *nitrouréthanes*, les *uréthanes sulfurées* des *thiouréthanes*, contrairement sans doute à la pensée de leurs savants auteurs.

Je sais bien que l'on ne manquera pas de me faire remarquer que les langues du Nord et particulièrement l'allemand, dont la connaissance est aujourd'hui indispensable aux chimistes, n'éprouvent pas pour les mots composés ou plus exactement les mots étendus, les mêmes répugnances que le français. Cette tolérance résulte du caractère synthétique qui les distingue. J'estime toutefois que les chimistes de langue allemande comme ceux de langue anglaise ne s'accommodent guère non plus de ces mots gigantesques de trente, quarante et même cinquante lettres sur lesquels je viens d'attirer l'attention. J'ai de bonnes raisons pour croire qu'ils les verraient disparaître des publications scientifiques avec la même satisfaction profonde que leurs confrères et collègues des pays de langue française. L'intelligence humaine a partout, dans les pays civilisés, les mêmes exigences et a droit partout aux mêmes égards.

Au moment de terminer, je tiens à dire que je ne me fais aucune illusion sur la portée et l'efficacité de la mesure que je propose. Je sais combien elle est incomplète et insuffisante pour remédier au mal dont souffre la chimie organique dans son langage actuel. C'est un palliatif et un palliatif d'ordre bien modeste, car ces noms démesurés ne continueront pas moins à exister, quoique séparés en tronçons divers, mais je n'aperçois pas pour le moment la possibilité de faire davantage. Peut-être ici aussi le remède sortira-t-il de l'excès du mal. Il est toujours permis de l'espérer. Ensuite cette mesure ne concerne que la langue écrite : la phonétique des noms ne sera nullement modifiée par l'introduction du trait d'union, sinon dans le cas que j'ai signalé plus haut. Je répondrai à cette dernière observation que la vue a plus à souffrir de ces noms extraordinairement longs que l'oreille, car dès à présent, il est permis dans leur énonciation de les scinder et d'en faire en une certaine façon des mots composés d'éléments distincts ou disjoints.

Je tiens à faire encore une dernière déclaration. Des observations du genre de celles que je viens de formuler devraient avant tout être présentées à un congrès de chimistes pour faire l'objet de ses délibérations. Je ne l'ignore pas, mais je n'ignore pas non plus qu'il faut un certain temps à l'esprit pour se faire à l'idée de modifier une habitude consacrée par une longue pratique et en possession, sinon de l'approbation, du moins d'une tolérance universelle. C'est dans cette pensée que, dès aujourd'hui, j'ai cru utile de faire la proposition présente du *fractionnement constant* des noms structuraux en chi-

mie organique, avec l'intention bien arrêtée de la présenter partout où il me semblera qu'elle pourra se produire dans des conditions favorables.

Note additionnelle.

Je suis certain d'être resté, dans l'évaluation du nombre des composés carbonés, au-dessous de la vérité.

Dans le n° 10 (4 février 1903) de la *Chemiker Zeitung*, je trouve un article, de M. Richter lui-même, qui me permet de préciser davantage encore et de compléter les indications consignées dans ma notice.

Selon M. Richter, la production *annuelle* de nouveaux composés carbonés s'est élevée de

1883	à	1898	à	3,580
1889	à	1900	à	6,270
1900	à	1902	à	6,700

Le second supplément au grand Répertoire de M. Richter, lequel doit paraître prochainement et qui renfermera les combinaisons mises au jour en 1901 et en 1902, portera à au delà de 100,000 le nombre des composés carbonés existants aujourd'hui.

Louvain, le 9 février 1903.

Oscillations de l'éther de diverses formes et le phénomène de Zeeman; par P. De Heen, membre de l'Académie.

Il est actuellement établi que la transmission des diverses radiations du spectre dans l'éther est caractérisée par des oscillations normales au sens de la propagation, de même que la vague se transmet à la surface d'un liquide. Cependant, il ne semble jamais être venu à l'esprit du physicien de se demander si la *forme* de la vague lumineuse n'est pas susceptible de variations. La vague qui déferle sur la côte n'affecte pas la même forme que la vague du large, la longueur d'onde étant du reste supposée la même. Ne peut-il en être de même pour la vague lumineuse? Depuis de nombreuses années, cette hypothèse nous avait semblé vraisemblable; elle est maintenant la conséquence de notre hypothèse sur la forme de l'ion, mais aucun fait ne se présentait à notre esprit afin de l'établir ou tout au moins afin de la corroborer, lorsque tout dernièrement un travail magistral du Dr Gustave Le Bon est venu jeter une vive lueur sur l'état de la question.

Ainsi que nous l'avons admis précédemment, l'ion serait composé (dans sa conception la plus simple) d'un élément matériel rectiligne, le bâtonnet, à chacune des extrémités duquel se rencontrent les électrons; tourbillons d'éther plans, si la tension est nulle; coniques, si une tension existe. Partant de cette hypothèse, il est facile de voir que la forme de la vague éthérée dépendra du potentiel de l'élément considéré.

Considérons d'abord l'électron a (fig. 1) à tension moyenne nulle dont l'amplitude de l'oscillation est représentée par l'angle α . Toutes choses étant égales de

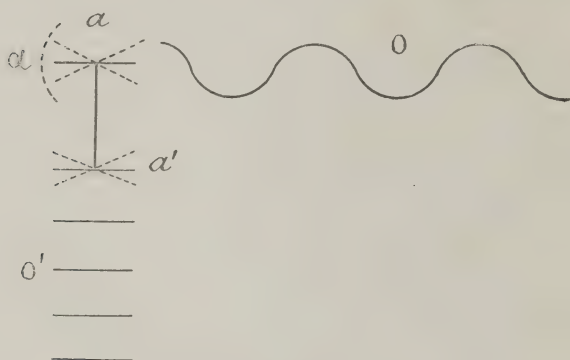


FIG. 1.

part et d'autre, cet électron développera dans l'éther des oscillations transversales parfaitement régulières, comme l'indique la figure, si nous considérons une direction normale au bâtonnet. Si, au contraire, nous considérons une direction parallèle au bâtonnet, les ondes réalisées seront longitudinales. Enfin, dans une position intermédiaire, nous réaliserons la superposition des deux systèmes. On sait que la lumière est due aux oscillations transversales, mais on ignore à quel phénomène correspondent les oscillations longitudinales.

Lorsque les ions constituent une chaîne fermée, le cas du courant fermé, où les dispositions moléculaires spéciales correspondent à la figure 2, la radiation à oscillations longitudinales O' (fig. 1) ne peut se produire.

L'oscillation longitudinale des ions est alors, comme nous l'avons dit précédemment, utilisée à développer les actions répulsives du calorique. Si, au contraire, la chaîne est ouverte, l'oscillation O' se développera librement dans l'éther ambiant. Tel serait le mécanisme de la production de certaines émanations développées par la radio-activité *non déviables par l'aimant*.

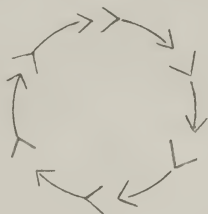


FIG. 2.

Par quel moyen pourra-t-on faire apparaître ces vibrations longitudinales? La première pensée qui vient à l'esprit est de s'adresser aux gaz. Mais dans leur état normal, ils ne sont pas ionisés, leurs molécules constituent des chaînes fermées. Pour voir apparaître le phénomène, il suffit de les ouvrir, de les ioniser. Le Dr Gustave Le Bon a démontré par l'expérience que les gaz ionisés par la flamme émettent des radiations capables de traverser des lames d'aluminium et de décharger des corps électrisés.

Si l'on détermine le passage du courant dans un gaz raréfié et par conséquent ionisé, les ions s'orientent parallèlement les uns aux autres, la chaîne est fermée, puisqu'il en est ainsi du courant, et les oscillations transversales apparaissent seules.

Il en est ainsi dans le gaz devenu luminescent. Pour qu'il en soit autrement, il suffit de faire en sorte que le chemin moyen des ions soit supérieur à la longueur du tube. Dans ces conditions, l'électron α rencontrera la surface anticathodique AB, ainsi que l'indique la figure 3,

et l'oscillation longitudinale se propagera librement dans l'espace E, ou suivant une direction différente après répercussion sur l'anticathode. Telle est vraisemblablement l'interprétation qu'il faut donner aux rayons X.

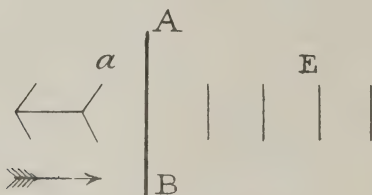


FIG. 3.

Cette interprétation est conforme à l'observation de M. Blondelot, qui trouve que la vitesse de propagation est égale à celle de la lumière.

Mais cette explication s'applique encore plus spécialement aux substances radio-actives dont les ions libérés constituent des chaînes brisées (courants ouverts).

Lorsqu'il s'agit de la production des rayons X dans les tubes à vide, à l'action que nous venons d'indiquer il doit s'en ajouter une autre, probablement plus intense.

Nos précédents travaux tendent à montrer que le rayon cathodique est un courant en partie simple (chaîne ouverte, courant ouvert), pour lequel le chemin de libre parcours des ions correspond au moins à la distance qui sépare la cathode de l'anticathode B (fig. 4). D'autre part, nous avons montré que l'orientation positive du cône électron déterminait une compression de l'éther, que l'orientation négative déterminait une dépression. Cette remarque nous permet de reconnaître que le rayon

cathodique est le siège d'une série de compressions et de dépressions de l'éther qui se succèdent rapidement par suite du mouvement des ions. En d'autres termes, nous voyons se produire dans l'éther l'analogue du phénomène du son, du sifflement du projectile dans l'air, dont l'avant est soumis à une compression, l'arrière à une dépression. Cette oscillation s'échappera de l'anticathode B, de même que le son s'échappera de l'ouver-

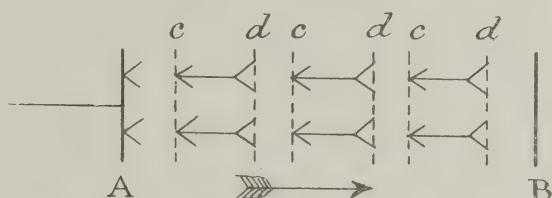


FIG. 4.

ture du tube où on le produit, et il en est encore ainsi par cela que, par l'artifice mis en jeu dans les tubes à vide, *le courant est ouvert*. Si le courant était fermé, les choses se passeraient comme si l'on pouvait déterminer l'oscillation sonore dans un tube circulaire fermé. Ces oscillations ne se transmettraient pas au milieu ambiant et resteraient toujours cachées.

Nous avons supposé, dans la figure 4, que la tension de l'électron était nulle. Mais il n'en est pas toujours ainsi; il est même peu vraisemblable qu'il existe dans la nature des corps absolument neutres, dénués de tout pouvoir réactionnel. L'or, dont les combinaisons sont instables, se rapproche du type que nous avons représenté; mais des corps tels que l'aluminium, le sodium, etc.,

dont les combinaisons sont très stables, possèdent des électrons dont la tension est relativement considérable.

Si nous considérons une radiation se propageant dans le sens de la flèche (fig. 5), celle-ci participera à la fois au type de l'oscillation longitudinale et au type de l'oscillation transversale. On pourrait la considérer comme étant formée par la superposition des deux oscillations.

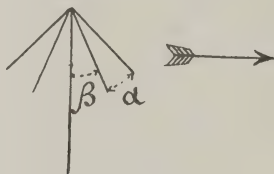


FIG. 5.

Une onde de cette forme participera également à la fois aux propriétés des rayons X et des rayons ordinaires.

L'une des propriétés fondamentales des rayons X consiste à décharger les conducteurs électrisés, soit en ionisant la surface du conducteur lui-même, soit en ionisant l'atmosphère ambiante. On devra donc s'attendre à retrouver ce caractère d'une manière d'autant plus marquée que le rayon se rapproche davantage de l'oscillation longitudinale, que la tension de l'électron mis en jeu est plus marquée, que l'angle B est plus petit. L'ion or vibrant possédera à un moindre degré que l'ion aluminium la propriété de décharge. Les combinaisons de ce dernier métal sont, en effet, bien stables, contrairement à celles de l'or.

Le Dr Gustave Le Bon vient de mettre cette déduction de la théorie en évidence en faisant jaillir l'étincelle entre

des électrodes d'or et d'aluminium. La composition spectroscopique et l'intensité de la lumière étant les mêmes, ce savant trouve que la décharge produite par l'or est environ trois fois plus faible que celle produite par l'aluminium.

Considérons maintenant une surface métallique soumise à l'action d'une radiation transversale, de préférence une radiation ultra-violette.

Il semble que dans ces conditions la radio-activité développée est étroitement unie au phénomène de la dispersion anormale. On sait, en effet, que les vibrations des ions soumis à la radiation ne parviennent pas à devenir aussi rapides que les vibrations du rayon lui-même. Il en résulte qu'une partie de l'énergie de celui-ci est employée à ioniser la matière et, par conséquent, à modifier la forme de l'onde en introduisant des composantes longitudinales.

Cette modification de forme pourra avoir pour effet de la rendre plus pénétrante dans les métaux, en établissant l'oscillation intermédiaire entre le rayon X et le rayon normal.

Dès 1882, M. de Chardonnet avait remarqué que l'on peut photographier l'arc électrique en quelques secondes au travers des miroirs argentés complètement opaques. Nous avons également constaté une action photographique de l'étincelle au travers de lames d'or, à peu près opaques pour la lumière, alors que cette action était incomparablement plus faible en utilisant des verres verts parfaitement transparents en apparence.

Supposons, en effet, que l'on vienne à superposer des oscillations longitudinales aux oscillations transversales, que nous représenterons toutes deux en pointillé (fig. 6).

Le fluide soumis à la résultante de ces deux mouvements sera parcouru par une onde telle que celle représentée en traits pleins.

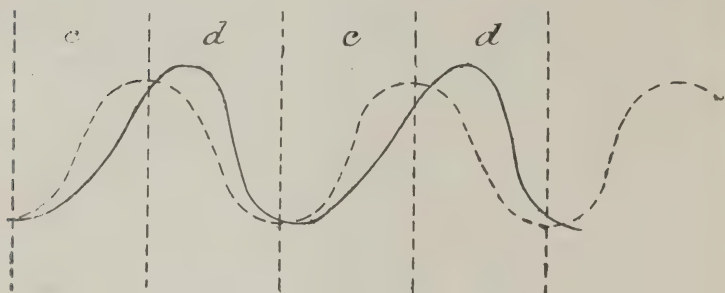


FIG. 6.

MM. Hagen et Rubens ont constaté, pendant le courant de cette année, que l'argent présentait un minimum d'absorption dans l'ultra-violet. C'est à cette circonstance que l'on doit attribuer le phénomène observé par de Chardonnet; mais pour l'or, le phénomène se passe, d'après ces physiciens, dans le vert, c'est-à-dire dans la région visible. Or, à intensité lumineuse égale, cette même région est, comme nous le disons, plus actinique lorsqu'elle a traversé une couche d'or que lorsqu'elle a traversé une lame de verre de même couleur.

Si une onde affectant cette forme, c'est-à-dire dissymétrique, vient à rencontrer une surface métallique, elle aura, en vertu de sa dissymétrie, une tendance à disposer les ions dans un sens plutôt que dans un autre, la dissymétrie du rayon pouvant être préexistante ainsi que

nous l'avons supposé d'abord, ou bien cette dissymétrie pouvant se développer ou s'accroître dans la couche superficielle frappée par la radiation.

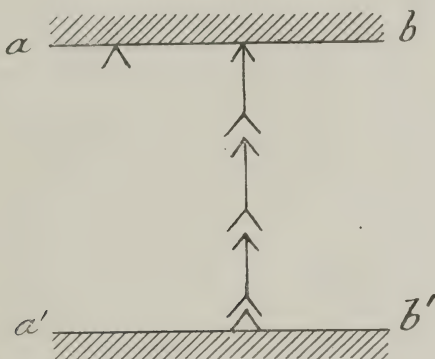


FIG. 7.

Cela étant, supposons une surface ab frappée (fig. 7) par une radiation, laquelle détermine une émission d'ions de préférence orientés ainsi que la figure l'indique, en vertu de la dissymétrie de l'onde, et disposons en face de la surface ab négative frappée par la radiation, une surface $a'b'$ (fig. 8). On voit d'après la figure que si celle-ci est chargée d'électricité de même nom, il ne se produira aucun effet. Au contraire, si la surface $a'b'$ est chargée positivement, un courant s'établira de $a'b'$ vers ab et la dissipation positive



FIG. 8.

aura lieu. Si, au contraire, la surface *ab* est électrisée négativement, la dissipation de cette énergie de signe contraire s'effectuera par le même mécanisme, et si la surface *ab* existe seule, il s'établira dans le milieu ambiant un véritable courant ouvert.

On peut donc aisément concevoir que, par suite de la dissymétrie de l'onde, la décharge se produise de préférence pour un signe déterminé. Au contraire, le rayon X, qui représente une oscillation longitudinale parfaitement symétrique, déterminera la décharge des deux électricités avec la même facilité.

En résumé, nous pouvons concevoir théoriquement le passage progressif du rayon X au rayon à oscillations transversales normales.

Il est également curieux de remarquer que cette dernière oscillation correspond à l'oscillation électromagnétique, alors que la première correspond à l'oscillation électrostatique. Or M. Turpain a réalisé des oscillations de cette espèce de grande longueur d'onde, et il a remarqué que cette longueur d'onde est indépendante du milieu dans lequel on la produit. Elle ne se réfracterait donc pas de même que les rayons X.

L'ensemble des observations faites dans ces derniers temps par les physiciens ne permet plus de douter que les rayons X correspondent à des oscillations longitudinales. En effet, d'une part le fait que la vitesse de propagation est égale à la vitesse de la lumière, d'autre part l'existence du phénomène de la diffraction, nous autorisent à admettre que ce phénomène correspond à un mouvement oscillatoire de l'éther. Mais, comme le fait remarquer le Dr Gustave Le Bon, cette oscillation ne

correspond pas à l'oscillation lumineuse, car l'ultra-violet devient de moins en moins pénétrant à mesure qu'on s'avance dans le spectre. Nous nous trouvons maintenant en mesure de mettre en regard deux observations de la plus haute importance. MM. Haga et Wind montrent, en se basant sur le phénomène de la diffraction, que la longueur d'onde des rayons X est de l'ordre des $0.10 \mu\mu$. Or Schumann a reconnu que le spectre s'étend jusqu'à cette longueur d'onde, et non seulement ces rayons se réfractent, mais ils sont encore absorbables à un tel point que ce physicien s'est vu forcé de faire le vide dans le spectroscopie pour les reconnaître. Ces faits sont décisifs : puisque les rayons X correspondent à des oscillations qui ne peuvent être transversales, elles sont longitudinales.

Trois hypothèses avaient été proposées afin d'interpréter les rayons X : 1° oscillations longitudinales de l'éther ; 2° oscillations transversales ; 3° projections de l'éther (la nôtre). C'est la première hypothèse qui prévaut ; les projections ne s'appliquent qu'aux ions, c'est-à-dire aux rayons cathodiques et à leurs congénères des substances radio-actives.

Nous voyons que si la chaîne élémentaire est fermée (si le courant est fermé), il y aura apparition de radiations lumineuses ; si elle s'ouvre, une grande partie au moins de l'énergie sera employée à développer la radio-activité. C'est là ce que nous avons reconnu dans un précédent travail. Si l'on introduit dans la flamme ou dans l'étincelle des sels qui provoquent la luminescence, la radio-activité diminue.

Puisque la lumière dans les corps luminescents est due à des courants fermés, il est facile de voir ce qui va se passer si l'on soumet ces corps à une action électro-

magnétique. Nous allons voir que le phénomène de Zeeman est la conséquence évidente de notre théorie.

Supposons qu'un élément soit constitué par des chaînes circulaires fermées dont les mouvements de rotation peuvent du reste indistinctement se produire dans le sens de la flèche, ou en sens contraire, ou dans un plan quelconque (fig. 8). Si ces éléments sont placés entre les pôles d'un électro-aimant, ces courants élémentaires s'orienteront parallèlement au courant aimant. Le mouvement oscillatoire des électrons constitutifs se combi-nera avec le mouvement de rotation du système, de telle manière que le rayon perçu normalement à la figure, c'est-à-dire suivant la direction des lignes de force, sera polarisé circulairement. Si, au contraire, le rayon est émis dans le plan de la figure, c'est-à-dire normalement aux lignes de force, le rayon sera polarisé rectilignement et la longueur d'onde sera la même que celle des rayons polarisés circulairement, ce que l'expérience démontre.

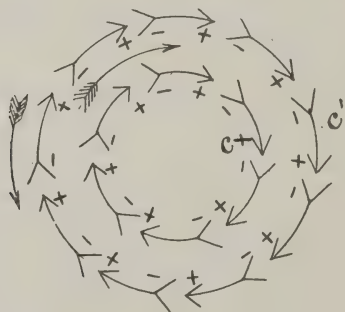


FIG. 9.

Le dédoublement des raies peut s'interpréter de la manière suivante. Lorsque l'action magnétique n'agit pas,

on peut concevoir que des courants tels que celui que nous avons représenté figure 9 circulent dans tous les azimuts. Lorsque l'aimant agit, tous ces courants tendent à s'orienter dans un même plan, normalement aux lignes de force, de telle manière que le *sens nominal* de ces courants devienne parallèle au courant aimant, le *sens du mouvement des ions* pouvant s'exécuter dans l'une ou l'autre direction. Ces courants emboîtés fourniront l'image d'une série de circonférences concentriques. La figure représente deux courants concentriques de *même sens*, dont le mouvement des ions s'exécute en *sens contraires* (ce qui se passe dans le courant normal).

Nous pouvons admettre maintenant que chacun de ces courants est caractérisé par un temps de pulsation électronique déterminé. Nous aurons ainsi l'interprétation du doublet du sodium, par exemple, dont chacune des composantes est polarisée circulairement dans deux sens contraires.

Nous pourrions évidemment supposer l'existence de groupements pour lesquels les courants se produisent en partie triple ou quadruple, et ainsi de suite, chacune des parties étant caractérisée par une raie correspondante.

Un fait du plus haut intérêt se trouve dans l'existence de vibrations parallèles aux lignes de force.

Ceci nous oblige à admettre que les directions normales aux circonstances que nous venons de considérer sont occupées par des ions. *La tension électromagnétique moyenne de ces ions doit être nulle*, ce qui n'exclut du reste pas une tension électrostatique; il n'y a plus un emboîtement des électrons (fig. 10), sans quoi ils seraient soumis au mouvement de giration déterminé par l'aimant. Or,

si nous nous rapportons à la figure 1, nous voyons que l'oscillation perçue est celle que nous avons représentée par la lettre *o* ; nous voyons également qu'il n'existe pas d'oscillation lumineuse dans le sens des lignes de force, mais qu'il se produit une oscillation *o'* longitudinale correspondant à la production des rayons X et de ses congénères. *Donc à la raie polarisée rectilignement ne correspond plus aucun phénomène lumineux, si l'observation est faite suivant la direction des lignes de force, ce que l'expérience démontre.*



FIG. 10.

Si nous supposons que les systèmes tournants que nous avons considérés ne sont pas absolument concentriques, nous pourrions admettre autant d'axes qu'il y a de systèmes, et ayant leur période de vibration propre, ce qui fournirait l'interprétation du dédoublement de ces raies.

Ainsi que nous venons de le faire remarquer, la condition indispensable pour qu'un ion soit soumis à l'action de l'aimant se trouve dans la nécessité de l'existence d'une tension électromagnétique.

Ce caractère fait défaut aux substances dont les aptitudes réactionnelles sont difficiles à éveiller.

M. Michelson a précisément reconnu que des raies de l'azote et du carbone présentent cette insensibilité à l'action de l'aimant.

Recherches sur la synthèse des substances albuminoïdes par les végétaux (1); par Ém. Laurent et Ém. Marchal, professeurs à l'Institut agricole de l'État, à Gembloux.

HISTORIQUE.

SOURCES DE L'AZOTE DES VÉGÉTAUX.

L'origine des substances albuminoïdes est, à l'heure actuelle, l'un des problèmes les moins élucidés de la chimie biologique.

Cette imperfection ne tient pas seulement à l'état encore peu avancé de nos connaissances sur ces matières, mais aussi à la diversité et même à la complexité des conditions de l'assimilation de l'azote et de ses combinaisons.

Les sources aujourd'hui connues auxquelles les végétaux, qui ont le monopole de la synthèse des substances albuminoïdes, peuvent emprunter leur azote sont :

- 1° L'azote libre;
- 2° L'ammoniaque et ses sels minéraux et organiques;
- 3° L'acide nitrique;
- 4° Les diverses combinaisons organiques azotées.

Si toutes les plantes paraissent capables d'assimiler des substances organiques azotées solubles, si beaucoup

(1) Mémoire couronné dans la séance du 15 décembre 1902, portant pour devise : *Solem quis dicere falsum audeat* (VIRGILE).

utilisent sans trop de peine les nitrates et les sels ammoniacaux, celles qui assimilent l'azote libre sont relativement peu nombreuses; toutes appartiennent au monde des organismes inférieurs, vivant à l'état libre ou à l'état de symbiose mutualiste (Légumineuses).

Il y a plus. Tandis que les Champignons et d'autres organismes privés de chlorophylle peuvent faire la synthèse des matières albuminoïdes en l'absence de chlorophylle et de lumière, cette fonction chez les végétaux supérieurs est souvent subordonnée à l'intervention de radiations absorbées par les organes verts.

Enfin la complexité de ces substances et la variété des produits qui en dérivent rendent délicates les recherches relatives aux phénomènes de leur production.

Nous allons, dans les pages suivantes, essayer de faire un exposé des principaux travaux relatifs à l'origine des substances albuminoïdes, avec l'espoir de pouvoir en tirer quelques idées générales.

ASSIMILATION DE L'AZOTE LIBRE.

L'assimilation de l'azote libre par les végétaux exige, comme tout phénomène endothermique, une source d'énergie, qui est ici empruntée à des substances hydrocarbonées. C'est ce qui ressort à l'évidence des recherches de Winogradsky sur le *Clostridium Pasteurianum* (1), de celles de Beijerinck et Van Delden sur diverses bac-

(1) S. WINOGRADSKY, *Recherches sur l'assimilation de l'azote libre par les microbes* (ARCHIVES DES SCIENCES BIOLOGIQUES, 1893, t. III, n° 4).

téries du sol associées (1) et de celles de Mazé sur le microbe des nodosités des Légumineuses (2). Dans ces cas, il y a consommation de grandes quantités de sucre, jusque cent fois et davantage le poids d'azote assimilé.

Il en est tout à fait de même quand des Légumineuses pourvues de nodosités sont le siège d'une fixation d'azote libre : il y a, dans ces organes, disparition des réserves d'amidon provenant de l'assimilation chlorophyllienne.

Quant à l'assimilation de l'azote libre par les moisissures, affirmée par plusieurs auteurs et plus récemment par Saida (5), elle devrait, avant d'être admise comme certaine, être démontrée par la méthode directe, c'est-à-dire par la mesure des volumes gazeux. Les cultures à l'air libre sont sujettes à trop de causes d'erreurs du chef des combinaisons azotées de l'atmosphère des laboratoires. Elle a, du reste, été contestée par plus d'un observateur, et notamment par F. Czapek (4).

Malgré l'affirmation de Bouilhac (5), il n'est pas encore

(1) M.-W. BEIJERINCK und A. VAN DELDEN, *Ueber die Assimilation des freien Stickstoffs durch Bakterien* (CENTRALBLATT FÜR BAKTERIOLOGIE, 1902, 2. Abt., Bd IX, S. 3).

(2) MAZÉ, *Les microbes des nodosités des Légumineuses* (ANNALES DE L'INSTITUT PASTEUR, 1898, t. XII, p. 1).

(3) K. SAIDA, *Assimilation des freien Stickstoffs durch Schimmelpilze* (BER. DER DEUTSCH. BOT. GESELLS., 1901, Bd XIX, General Versammlungsheft, S. 107).

(4) F. CZAPEK, *id.*, S. 139.

(5) R. BOUILHAC, *Sur la fixation de l'azote atmosphérique par l'association des Algues et des Bactéries* (COMPTES RENDUS, 1896, t. CXXIII, p. 823).

établi que les Nostocs soient incapables d'assimiler l'azote libre sans la collaboration des bactéries banales qui accompagnent toujours ces Cyanophycées. Quoiqu'il en soit de la nécessité de cette symbiose, la faculté d'assimilation de l'azote libre est là encore liée à l'intervention des produits hydrocarbonés dus à la radiation.

S'il est vrai que d'autres végétaux supérieurs pourvus de nodosités radicales (*Eleagnus*, *Alnus*, *Podocarpus*) puissent aussi se nourrir aux dépens de l'azote libre fixé par des organismes microscopiques (1), peut-être même par des mycorhizes renfermées dans les cellules superficielles des racines, les conditions de cette assimilation nous apparaissent comme très analogues à la même fonction mieux connue chez les Léguminees.

Quant aux plantes vasculaires dont les racines n'ont point de nodosités microbiennes ou de mycorhizes intracellulaires, il faut aujourd'hui leur refuser toute propriété d'assimiler l'azote libre. Les anciennes expériences de Th. Schloesing fils et Ém. Laurent, en atmosphère confinée, ne laissent aucun doute à ce sujet (2).

On peut donc affirmer que seuls les organismes inférieurs sont capables de faire des substances albuminoïdes en partant de l'azote libre et en utilisant des matières hydrocarbonées à la fois comme aliment de constitution et comme source d'énergie.

(1) F. NORBE und L. HILTNER, *Die endotrophe Mycorrhiza von Podocarpus und ihre physiologische Bedeutung* (LANDWIRTH. VERSUCHS-STATIONEN, 1899, Bd LI, S. 241).

(2) TH. SCHLOESING fils et ÉM. LAURENT, *Recherches sur la fixation de l'azote libre par les plantes* (ANNALES DE L'INSTITUT PASTEUR, 1892, t. VI, pp. 61 et 824).

Ici encore, comme pour d'autres travaux synthétiques, les microbes se révèlent doués de propriétés plus actives que les végétaux supérieurs. Il semble que, au cours de l'évolution, la spécialisation des fonctions en ait limité l'étendue en perfectionnant les procédés d'utilisation de la radiation solaire. C'est ce que va démontrer l'examen des conditions de l'assimilation de l'ammoniaque et de l'acide nitrique.

ASSIMILATION DE L'AMMONIAQUE.

Pendant longtemps (toute la première moitié du XIX^e siècle), l'ammoniaque fut considérée comme la source unique d'azote en dehors des combinaisons organiques de cet élément. Les premiers physiologistes, tels Th. de Saussure (1), H. Davy (2), furent amenés à cette idée après avoir constaté l'existence de composés ammoniacaux dans les plantes, les animaux, l'atmosphère et les produits de fermentation du fumier.

Plus tard, la généralisation de l'emploi des nitrates en agriculture et la fréquence des phénomènes de nitrification dans le sol provoquèrent une réaction dans les esprits. Le rôle direct de l'ammoniaque dans l'alimentation des plantes fut souvent méconnu, et beaucoup en vinrent à considérer la nitrification comme un phénomène indispensable à la production végétale. Les

(1) THÉOD. DE SAUSSURE, *Recherches chimiques sur la végétation*, 1804, p. 207.

(2) H. DAVY *Éléments de chimie agricole* (traduction française), 1819, t. II, p. 42.

microbes qui en sont les auteurs paraissaient comme prédestinés à assurer l'alimentation azotée, tout au moins des plantes agricoles.

Les recherches de Sachs (1), de Schloesing père (2) et de Mayer (3) sur l'influence des vapeurs ammoniacales sur les plantes, les travaux plus récents d'Ém. Laurent (4), de A. Muntz (5) et de Pagnoul (6) sur l'absorption de solutions ammoniacales en l'absence de toute nitrification, ont montré que les végétaux vasculaires peuvent tout aussi bien assimiler l'ammoniaque que l'acide nitrique. Celui-ci a l'avantage d'être plus diffusible que celle-là dans la terre arable; de plus, certains végétaux sont exposés à souffrir par suite de la production d'ammoniaque à l'état libre. Il y a, comme Lawes et Gilbert (7) l'ont signalé depuis longtemps, des espèces nitricoles et ammonicoles parmi les plantes des pâturages.

Au reste, il eût suffi de réfléchir aux conditions de la nitrification pour deviner que certains végétaux ne peuvent se nourrir de nitrates. Tels les espèces des marais, les arbres des forêts. Et c'est cette considération

(1) J. SACHS, *Jahresber. für Agrikulturchemie*, 1860-1861, S. 78, et *Chemische Ackersmann*, 1863, S. 163.

(2) TH. SCHLOESING, *Comptes rendus*, 1874, t. LXXVIII, p. 1700.

(3) AD. MAYER, *Landwirth. Versuchs-Stationen*, 1874, Bd XVII.

(4) ÉM. LAURENT, *Annales de l'Institut Pasteur*, 1889, t. III, p. 368.

(5) A. MUNTZ, *Annales de la science agronomique*, 1896, t. I, p. 161.

(6) A. PAGNOUL, *Comptes rendus*, t. CXI, p. 507.

(7) LAWES and GILBERT, *Journal of Roy. Agric. Soc. England*, 1862, vol. XXIII, p. 31.

qui porta H. Molisch (1) à admettre que ceux-ci empruntent leur azote à des combinaisons ammoniacales.

En réalité, l'assimilation de l'ammoniaque doit être, *a priori*, beaucoup plus simple que l'assimilation de l'acide nitrique. En effet, d'après ce que nous savons sur la composition des substances albuminoïdes et de leurs dérivés, le groupement AzH^2 est très répandu chez les végétaux, tandis que le groupement AzO^2 ne paraît pas exister parmi les produits de l'activité cellulaire, à l'exception, bien entendu, des Bactéries nitrifiantes. Après pénétration des nitrates dans les plantes, il y a donc réduction de l'acide nitrique afin de produire des combinaisons contenant AzH^2 . Nous aurons l'occasion d'insister sur l'importance de ce phénomène.

Pour les organismes inférieurs sans chlorophylle (Champignons, Bactéries), les sels ammoniacaux sont d'excellents aliments azotés. En présence de matières hydrocarbonées appropriées, même à l'obscurité, il y a chez ces végétaux production de substances albuminoïdes.

Un tel travail synthétique nous oblige à admettre qu'une partie de l'aliment hydrocarboné est consommée afin de procurer l'énergie chimique nécessaire. Nous retrouvons ici un procédé semblable, mais moins important, à celui que nous constatons plus haut pour la fixation de l'azote libre. Et l'on comprend aisément que certaines espèces (Levures, Bactéries) donnent des rendements plus élevés quand on leur procure, comme

(1) H. MOLISCH, *Ber. der Deutsch. bot. Gesells.*, 1883, Bd I, S. 154, et *Sitz. ber. Math. Naturw. Cl. d. K. Akad. d. Wiss.*, Wien, 1887, S. 225.

aliment azoté, une matière organique (peptone, asparagine).

Au cours de ses recherches sur l'absorption de l'ammoniaque, A. Muntz (1) a constaté que l'assimilation de cette combinaison s'exerce avec plus d'intensité à la lumière qu'à l'obscurité.

A la même époque, Laurent, Marchal et Carpiaux (2) firent des recherches sur les conditions d'assimilation des sels ammoniacaux. Ils constatèrent que les feuilles blanches des espèces panachées assimilent beaucoup mieux l'azote ammoniacal que les feuilles vertes, ce qui montre que la chlorophylle n'est pas nécessaire à ce phénomène.

Néanmoins, ces auteurs ont vu les rayons ultraviolets favoriser l'assimilation de l'ammoniaque dans les organes verts et dans ceux qui sont privés de chlorophylle.

Dans leurs recherches, Laurent, Marchal et Carpiaux n'ont pas distingué, parmi les produits de l'assimilation, les substances albuminoïdes et les corps amidés (amides, acides amidés, asparagine, etc.). Or il est permis de supposer que la synthèse de celles-là est plus difficile que la production de corps amidés, beaucoup plus simples. Ils ne paraissent pas non plus avoir pressenti le véritable rôle de la lumière dans les phénomènes d'assimilation de l'ammoniaque et de l'acide nitrique. Comme nous le verrons bientôt, ce sont les produits hydrocarbonés de l'assimilation chlorophyllienne qui permettent l'introduction

(1) *Loc. cit.*, pp. 210 et suiv.

(2) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 1896, 3^e sér., t. XXXII, p. 815.

d'un radical ammoniacal dans une molécule organique. Quand ils font défaut, toute assimilation azotée devient impossible.

Ne nous étonnons donc pas si de nouveaux observateurs, dans d'autres conditions d'expérimentation, sont arrivés à des résultats plus ou moins différents, tant pour l'ammoniaque que pour l'acide nitrique.

Ainsi, B. Hansteen (1) a vu le *Lemna minor*, cultivé à l'abri des microbes et en présence de sucres fournis artificiellement, avec du sulfate et du chlorure d'ammonium, produire de l'albumine à l'obscurité. Ces résultats ne sont peut-être pas très concluants, car ils sont entièrement fondés sur des réactions microchimiques et non pas sur des dosages quantitatifs. Si cependant on leur accorde une valeur réelle, on ne peut généraliser cette propriété des *Lemna*, Phanérogames inférieures à structure réduite et vivant dans des conditions spéciales.

ASSIMILATION DE L'ACIDE NITRIQUE.

Nous avons déjà fait ressortir que l'acide nitrique est, de même que l'anhydride carbonique, un produit d'oxydation complète et qu'il n'existe pas de groupement AzO^2 dans les produits d'assimilation végétale. Celle-ci comporte donc nécessairement un phénomène réducteur. Il est assez naturel que l'on ait pressenti le rôle des feuilles et de la lumière dans ce travail préliminaire de l'assimilation des nitrates.

(1) *Ber. der Deutsch. bot. Gesells.*, 1896, Bd XIV, S. 362.

Déjà en 1875, Sorokine (1) indiquait qu'il y a moins de nitrates dans les feuilles de Sarrasin que dans le reste de la plante.

Mais Pagnoul (2), en recherchant l'origine des nitrates contenus dans le jus de la Betterave à sucre, fut le premier à constater que, dans les feuilles vertes exposées au soleil, il y a disparition des nitrates et formation de combinaisons organiques azotées. Ce savant ne tarda pas à attribuer aux radiations solaires absorbées par la chlorophylle un rôle actif dans la réduction de l'acide nitrique comme dans celle de l'anhydride carbonique.

Emmerling (3), dans ses travaux sur l'origine des matières albuminoïdes, Molisch (4), au cours de ses recherches sur les nitrates des tissus végétaux, Berthelot et André (5), en appliquant l'analyse chimique à la même étude, et enfin G. Capus (6) arrivèrent, par des moyens très différents, à des conclusions analogues à celle de Pagnoul.

Capus se servait d'un réactif des nitrates encore peu connu des botanistes, le chlorhydrate de cinchonamine, qui forme avec l'acide nitrique un précipité cristallin bien apparent. Même chez les espèces avides de nitrates (*Sinapis*, *Brassica*, *Mercurialis*, ...), ils se trouvent princi-

(1) *Botan. Jahresber.*, 1875, S. 851.

(2) *Annales agronomiques*, 1879, t. V, p. 481; 1881, t. VII, p. 5, et *Bull. de la Station agronomique du Pas-de-Calais*, 1890, p. 27.

(3) *Landwirth. Versuchs-Stationen*, 1880, Bd XXIV, S. 137.

(4) *Loc. cit.*, 1883.

(5) *Comptes rendus*, 1884, t. XCVIII, p. 1506, et t. XCIX, pp. 559 et 591.

(6) *Annales agronomiques*, 1886, t. XII, p. 24.

palement dans la tige (moelle et écorce); il y en a beaucoup moins, sinon pas du tout, dans les parenchymes foliaires.

En somme, chez les plantes herbacées, il y a des nitrates surtout dans la tige, moins dans la racine et peu dans les feuilles; les graines en sont toujours dépourvues.

Quoique d'accord sur les faits précédents, tout au moins pour beaucoup de plantes, A. Frank (1) pensait que les feuilles ne sont pas les organes exclusifs de l'assimilation des nitrates, mais que celle-ci pouvait aussi avoir lieu dans tous les organes de la plante.

A l'occasion de ses recherches sur l'origine des cristaux d'oxalate de calcium, W. Schimper (2) avait remarqué l'action des radiations absorbées par la chlorophylle sur la disparition du nitrate de calcium; celui-ci persiste dans les feuilles blanches de *Pelargonium* exposées à la lumière et dans les feuilles vertes à l'obscurité.

Laurent, Marchal et Carpiaux (3) ont précisé le rôle de la lumière et de la chlorophylle par la méthode analytique, assurément plus probante que l'emploi de réactifs colorants pour résoudre un problème de cette nature.

Voici les conclusions de ces auteurs relatives à l'acide nitrique :

1° Chez les plantes supérieures, l'assimilation des

(1) *Ber. der Deutsch. bot. Gesells.*, 1887, Bd V, S. 472, et *Landwirth. Jahrbücher*, 1888, Bd XVII, S. 462.

(2) *Botan. Zeitung*, 1888, et *Flora*, 1890.

(3) *Loc. cit.*

nitrate n'a pas lieu à l'obscurité; elle exige l'intervention des rayons ultra-violet;

2° L'assimilation de l'azote nitrique à la lumière est surtout active dans les feuilles vertes, et beaucoup plus faible dans les feuilles blanches;

3° L'assimilation de l'azote nitrique donne lieu à une production intérimaire d'ammoniaque.

Il importe de remarquer que, sauf dans une expérience, ces auteurs opéraient avec des tiges ou des feuilles étiolées. Des résultats fournis par un essai avec des graines d'orge, ils auraient pu conclure à l'assimilation de l'ammoniaque et de l'acide nitrique à l'obscurité.

Sous l'impression des faits qu'ils venaient de constater chez les organes foliaires, ils ont cru pouvoir conclure à la nécessité de la lumière pour la production de combinaisons organiques azotées, et ils espéraient vérifier cette opinion chez les graines en germination.

Peu de temps après la publication du mémoire de Laurent, Marchal et Carpiaux, Godlewski (1) annonçait des résultats qu'il avait obtenus avec des plantules de Froment mises en germination à la lumière et à l'obscurité dans des solutions pourvues ou non de nitrates. Toute assimilation de l'anhydride carbonique était empêchée, ce qui forçait les plantes à se nourrir aux dépens des réserves hydrocarbonées de leur albumen.

Godlewski constata à la lumière une abondante production de substances protéiques aux dépens du nitrate et des substances hydrocarbonées de réserve. A l'obscurité, cette production était minime ou nulle, mais il y

(1) *Anzeiger d. Akad. d. Wiss. in Krakau*, März 1897, S. 104.

avait une quantité très notable de corps amidés, résultant d'une assimilation incomplète de l'acide nitrique en présence des réserves des graines.

La lumière paraît donc nécessaire à la synthèse des substances protéiques, mais non à celle des corps amidés. Chez les plantules en germination, il y aurait donc un travail de construction organique qui se ferait en deux étapes; pour l'une, les radiations lumineuses seraient indispensables.

Remarquons tout de suite que dans les essais de Hans-teen rapportés plus haut, il n'y avait pas production d'albuminoïdes lorsqu'on donnait au *Lemna minor* un nitrate et un sucre, ce qui confirme notre opinion sur l'assimilation plus facile de l'ammoniaque.

Déjà G. Kinoshita (1) était arrivé à une constatation semblable dans des essais faits avec de l'Orge et du Maïs en germination à l'obscurité : l'ammoniaque est assimilée et provoque une formation abondante d'asparagine.

U. Suzuki (2) confirme et complète ces résultats en montrant que l'assimilation des nitrates demande une température plus élevée et la présence de sucres. Sans sucre, les plantes étiolées ne donnent pas d'asparagine aux dépens de l'acide nitrique. Le même auteur a aussi constaté à l'obscurité une formation de matières protéiques aux dépens de nitrate et de sucre.

Enfin pour W. Zaleski (3), en présence d'hydrates de

(1) *Bull. of the College of Agriculture*. Tokyo, 1895.

(2) *Id.*, vol. II, p. 465, et *Botan. Centralbl.*, 1898, Bd LXXV, S. 289.

(3) *Ber. der Deutsch. bot. Gesells.*, 1897, Bd XV, p. 536.

carbone appropriés, les feuilles peuvent aussi à l'obscurité assimiler les nitrates et produire des substances albuminoïdes.

Mais comme il existe déjà dans les organes étudiés par ces observateurs des corps amidés, on ne peut affirmer que c'est l'azote de l'acide nitrique qui a servi directement à l'édification des matières protéiques.

Tous ces résultats, malgré leur diversité, paraissent correspondre à des faits bien observés et ne peuvent être interprétés qu'en admettant des aptitudes synthétiques différentes chez les végétaux. Il faut aussi tenir compte de la nature des organes étudiés (tiges, feuilles, graines en germination) et surtout des substances organiques contenues dans les tissus au moment des expériences.

Dans le cas des plantes vertes, on s'explique la nécessité des radiations lumineuses par leur influence sur la production des hydrates de carbone. Et quand il s'agit de l'assimilation des nitrates, on peut même supposer que des corps réducteurs puissent prendre naissance à la suite de la décomposition de l'anhydride carbonique et exercer un rôle actif sur l'acide nitrique.

Remarquons cependant que cette dernière propriété ne s'applique pas à l'assimilation de l'ammoniaque, puisque Laurent, Marchal et Carpiaux l'ont observée dans des tissus privés de chlorophylle.

Chez les graines en germination, on comprend qu'il y ait assimilation de l'ammoniaque à l'obscurité, grâce aux réserves hydrocarbonées. De même, on conçoit que, dans les mêmes conditions, Laurent (1) l'avait autrefois démon-

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 1890, 3^e sér., t. XX, p. 478.

tré, les nitrates puissent aussi être réduits. L'acide nitrique serait ainsi assimilé avec formation de corps amidés sans trop de difficulté.

Quant à la production de substances protéiques, lors de la germination ou en présence de sucre, mais à l'abri de la lumière, ce serait, sans doute, un travail synthétique dont l'énergie est empruntée à une source hydrocarbonée, comme chez les Champignons.

ASSIMILATION DES SUBSTANCES ORGANIQUES AZOTÉES.

L'assimilation des substances organiques azotées dépend de leur état soluble ou de la sécrétion de zymases appropriées à leur digestion. Il convient aussi de tenir compte de la grosseur de la molécule alimentaire, de la nécessité de la compléter par des phénomènes de synthèse. Enfin, certaines combinaisons azotées peuvent aussi avoir une action toxique lorsqu'elles atteignent une certaine concentration.

Dans la question actuelle, il est prudent de n'accorder qu'une valeur très relative aux résultats des anciens travaux (Hampe, Knop, Johnson,...), faits à une époque, avant 1870, où l'on ne pouvait guère soupçonner les effets de l'intervention des microbes.

Pour ce qui est de l'urée, Suzuki (1) a signalé combien elle est favorable à certaines plantes vasculaires. Il est possible qu'elle n'y soit pas transformée en ammoniacque et qu'elle soit directement assimilée.

L'absorption d'asparagine par les racines de plantes

(1) *Loc. cit.*

(Maïs) cultivées dans des solutions nutritives (1) est aussi bien connue et n'a rien qui puisse étonner. Il est même permis de concevoir la culture de plantes dans des solutions stériles de peptone.

Au reste, les plantes carnivores (*Nepenthes*, *Dionæa*, *Drosera*, etc.) nous ont maintenant familiarisés avec l'utilisation de corps protéiques solubles par les plantes vertes. Et s'il fallait un exemple plus convaincant, il suffirait de rappeler que l'albumen d'un grain d'Orge peut être digéré indifféremment par l'embryon formé normalement dans le même sac embryonnaire ou par un embryon de même espèce, mais enlevé à une autre semence. L'assimilation de substances organiques est une question de digestion, puis d'absorption, et il est, au fond, assez indifférent que la source alimentaire soit externe ou interne.

Les capacités digestives des organismes inférieurs sont, par suite de leurs sécrétions, très développées ; il en est de même de leur pouvoir d'assimilation.

Grâce aux études de L. Lutz (2), nous possédons aujourd'hui de nombreuses observations faites à l'abri des causes d'erreurs dues aux impuretés des cultures. En voici les conclusions les plus intéressantes.

Les plantes phanérogames, à l'abri de l'intervention des organismes inférieurs, peuvent assimiler directement les amines sous forme de sels, sans transformation en ammoniacque, à la condition que le radical substitué à l'hydrogène n'ait pas une grandeur moléculaire trop éle-

(1) BOESSLER, *Landwirth. Versuchs-Stationen*, 1887, Bd XXXIII, S. 231.

(2) L. LUTZ. *Annales des sciences nat. botan.*, 1899, p. 1.

vée. Ainsi les mono, bi et triméthylamines sont assimilées ainsi que la butylamine et l'amylamine, mais non la benzylamine, l'aniline, la naphtylamine, la bétaine, la leucine, la tyrosine et la pyridine. Plusieurs de ces derniers corps sont du reste très toxiques.

Les sels d'ammoniums composés (tétraméthyl et tétraéthylammonium) et d'alcaloïdes (caféine, quinine, cocaïne, ...) employés seuls comme sources d'azote n'ont pas été assimilés.

Des Algues (*Protococcus viridis*, *Mesocarpus pleurocarpus*) assimilent les méthyl-, éthyl-, propyl-, butyl-, amyl-, benzylamines, la pyridine et même l'allylamine, mais non la naphtylamine et la diphénylamine, ni les sels d'alcaloïdes et les sels d'ammoniums composés.

Une Oscillaire (?) a même assimilé la bétaine, la glycolamine et les sels d'ammoniums composés.

Parmi les Champignons, le *Penicillium glaucum* et l'*Aspergillus niger* assimilent les méthyl-, éthyl-, propyl-, butyl-, amyl-, allyl-, glycolamine, la bétaine et la leucine.

Les amines phénoliques (naphtyl- et diphénylamines) ne sont pas assimilées, de même que les sels d'ammoniums composés.

En présence d'azotate d'ammoniaque, la pyridine, les sels d'ammoniums composés et les alcaloïdes (cocaïne, morphine) sont assimilés. Pour ces diverses combinaisons, comme pour les amines, le pouvoir alimentaire est en raison inverse de la grandeur moléculaire.

Une combinaison azotée directement assimilable agit donc comme agent d'entraînement, et l'on peut arriver à faire absorber aux Champignons des doses considérables d'alcaloïdes.

Il semble donc exister, parmi les matériaux constitutifs

azotés des Champignons, des corps dont l'élaboration exige l'intervention d'aliments particuliers, tandis que des combinaisons moins favorables pourraient servir seulement à la production d'autres substances probablement moins complexes.

Des faits de même ordre sont également connus pour les matières hydrocarbonées : l'acide oxalique n'est pas un aliment plastique, mais il peut, associé à des sucres, être oxydé et devenir une source d'énergie.

Pareille remarque a son importance dans l'étude actuelle : elle nous montre que dans un milieu aussi complexe que les cellules végétales, la puissance des phénomènes synthétiques peut dépendre de la nature même des substances organiques et minérales qui s'y trouvent rassemblées.

De récentes recherches de Czapek (1) sur l'*Aspergillus niger* ont complété les résultats de Lutz sur le rôle des diverses combinaisons organiques dans la nutrition de cette moisissure et montré surtout l'action favorable des acides amidés dans les diverses séries organiques.

Chez les plantes supérieures (*Vicia*, *Ricinus*), d'intéressants essais d'injection de substances amidées ont été faits par Hansteen (2). Cet expérimentateur a ainsi introduit dans des plantules des espèces précitées des quantités considérables d'asparagine et de glutamine associées à des sucres et alors a constaté une production de

(1) F. CZAPEK, *Ber. der Deutsch. bot. Gesells.*, 1901, General Versammlung, S. 407, et *Beiträge zur chem. Physiol. und Pathol.*, von FR. HOFMEISTER, Bd 1, Heft 10 bis 12.

(2) B. HANSTEEN, *Jahrbücher für wissensch. Botanik*, 1901, Bd XXXIII, Heft 3, S. 417.

matières albuminoïdes. On peut pourtant se demander si celles-ci ont pris naissance aux dépens des corps amidés introduits, ou bien si d'autres substances amidées déjà contenues dans les cellules épuisées n'ont pas été l'objet d'une régénération albuminoïde.

Dans le même ordre d'idées, il convient de citer des recherches de Kosutany (1) d'après lesquelles l'asparagine produite pendant l'assimilation diurne se transformerait pendant la nuit en matières albuminoïdes.

Pour ce qui est des matières organiques azotées du sol, il semble peu probable qu'elles soient absorbées en quantité notable par la majorité des plantes vasculaires, par suite de la concurrence des organismes inférieurs. Cependant, on ne peut nier qu'une telle absorption puisse avoir lieu chez les espèces à mycorhizes et les espèces humicoles.

LES PREMIERS PRODUITS DE L'ASSIMILATION DE L'ACIDE NITRIQUE.

La réduction de l'acide nitrique sous l'influence de la lumière fut d'abord signalée par Laurent (2) et ensuite confirmée par Berthelot (3). Il y a production d'acide nitreux, de peroxyde d'azote et d'oxygène. Ce phénomène de décomposition endothermique est surtout influencé par les rayons les plus réfrangibles.

(1) *Landwirth. Versuchs-Stationen*, 1897, Bd XLVIII, S. 419.

(2) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 1890, 3^e sér., t. XX, p. 303, et 1891, t. XXI, p. 337.

(3) *Comptes rendus*, t. CXXVIII, p. 87, et *Revue scientifique* du 30 juillet 1898.

L'intervention de corps réducteurs produits dans les tissus à chlorophylle exposés à la lumière doit certes favoriser la réduction de l'acide azotique. Par suite de leur dilution extrême dans les sucs cellulaires et de l'acidité de ceux-ci, les nitrates sont très probablement presque toujours dissociés et l'acide azotique s'y trouve ainsi à l'état libre.

Dès 1872, A. Gautier (1) attribuait un rôle actif à l'aldéhyde formique produite par la réduction de l'anhydride carbonique dans l'assimilation de l'acide azotique. L'opinion a été reprise par Bach (2), qui, à la suite d'expériences réalisées *in vitro*, a émis l'hypothèse suivante :

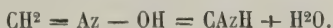
Dans les feuilles, l'acide azotique, réduit par l'aldéhyde formique, se transformerait successivement en acide azoteux, $O = Az - OH$, acide hypoazoteux $O = AzH$, dans lequel, pour satisfaire l'atomicité de l'azote, H doit déjà être lié directement à l'azote. Par une nouvelle soustraction d'oxygène, il resterait le groupe $= AzH$, qui, en fixant les éléments de l'eau, donnerait de l'hydroxylamine $H^2 = Az - OH$. Combiné à l'aldéhyde formique, ce corps deviendrait la formaldoxime, $CH^2 = Az - OH$, qui se convertit facilement en formiamide $CHO - AzH^2$.

Par déshydratation, la formaldoxime et la formiamide peuvent donner de l'acide cyanhydrique, dont nous

(1) *Cours de chimie*, t. III, p. 67, en note.

(2) *Monit. scientif. de Quesneville*, 1897, p. 5, et *Comptes rendus*, 1897, t. CXXII, p. 1499.

aurons bientôt à indiquer la production chez une espèce qui se nourrit de nitrates



La formation des groupements amidés peu stables, tels que la formiamide ou d'autres combinaisons éphémères capables, avec de la magnésie, de donner de l'ammoniaque, paraît confirmée par les observations de Laurent, Marchal et Carpiaux sur les feuilles vertes nourries avec nitrates et exposées au soleil : il s'y forme de l'ammoniaque, ou tout au moins des combinaisons qui, en présence de la magnésie, se comportent comme telles.

Pour A. Gautier (1), l'acide cyanhydrique constituerait la chaîne centrale ou noyau des substances albuminoïdes, auquel seraient rattachés des radicaux divers (OH, CO, groupements aldéhydiques). La facilité avec laquelle l'acide cyanhydrique peut se polymériser et aider à la constitution de molécules complexes est un nouvel argument favorable à l'hypothèse de Gautier. Au reste, l'adénine, $\text{C}^5\text{H}^5\text{Az}^3$, découverte par Kossel et retrouvée par lui chez les divers végétaux, en fut une première confirmation. Mais ce sont surtout les recherches de M. Treub sur le *Pangium edule* qui lui ont apporté les faits les plus remarquables (2).

Cette espèce de la flore équatoriale produit de l'acide cyanhydrique dans ses divers organes en quantité relativement considérable (jusque 1 %).

(1) *Cours de chimie*, édit. de 1892, t. III, pp. 65 et suiv.

(2) *Annales du Jardin de Buitenzorg*, 1896, vol. XIII, p. 1.

Treub a montré que ce corps apparaît tout aussi bien dans les feuilles étiolées que dans les feuilles vertes, à l'obscurité comme à la lumière. Il prend surtout naissance dans les cellules basilaires des poils et dans les cellules à oxalate de calcium. Comme Schimper et Wehmer l'avaient déjà observé, ce sel paraît alors un déchet dû à la décomposition du nitrate de chaux et d'autres combinaisons de la même base en présence d'acide oxalique.

A. Gautier avait déjà insisté sur la facilité avec laquelle l'acide cyanhydrique se combine à divers corps organiques, surtout à ceux de nature aldéhydrique comme les sucres. Les travaux de Fischer sur la synthèse de ces hydrates de carbone en sont des exemples remarquables.

Il convient encore de rappeler avec quelle facilité l'acide cyanhydrique prend naissance dans la décomposition de diverses substances azotées, comme la formiamide, l'acide nitrolactique (L. Henry), etc.

Signalons en outre de récentes observations de A. Hébert (1), qui a, chez l'*Aquilegia vulgaris*, montré l'existence de petites quantités de corps cyanés dans les organes verts, à l'exclusion des tissus (pétales, étamines) privés de chlorophylle.

Jusqu'ici l'hypothèse de Bach n'a pas reçu de confirmation expérimentale. Des essais entrepris par L. Lutz (2) sur diverses espèces de Phanérogames, d'Algues et de Champignons avec des solutions nutritives contenant de l'hydroxylamine n'ont donné que des résultats négatifs.

(1) *Annales agronomiques*, 1898, t. XXIV, p. 446.

(2) *Comptes rendus du Congrès des Soc. sav.*, 1899.

Pour l'acide cyanhydrique, dont la toxicité est bien connue, nous ne possédons pas de faits relatifs à son assimilation par les cellules végétales. D'après Lutz (1), les nitriles, groupe auquel appartient cet acide, le formonitrile, seraient inassimilables pour les moisissures, mais les nitriles inférieurs de la série acyclique ont été consommés par deux espèces d'Algues.

Il faut toutefois se garder de généraliser prématurément la portée de résultats négatifs.

A l'heure actuelle, l'acide cyanhydrique peut donc être considéré comme l'un des premiers produits, sinon le premier, de l'assimilation des nitrates, au moins chez certains végétaux. Il serait, pour ce phénomène, ce que l'aldéhyde formique est pour la réduction de l'anhydride carbonique, avec cette différence que cette dernière fonction et par conséquent la production d'aldéhyde paraît liée à l'intervention de la lumière et de la chlorophylle. Au contraire, la formation de l'acide cyanhydrique par réduction des nitrates peut, dans certains cas (*Pangium*), se faire dans les tissus privés de chlorophylle et à l'obscurité.

Nous pouvons interpréter cette particularité en supposant que des corps réducteurs existent dans ces tissus, ne dérivent pas directement de l'assimilation chlorophyllienne, mais peuvent se combiner avec l'acide azotique et donner naissance à des composés cyanés.

Il est permis d'admettre la même explication pour les divers organes capables de réduire les nitrates et spécialement pour les graines en germination.

(1) *Comptes rendus du Congrès des Soc. sav.*, 1900.

Ce seraient là, chez les plantes vasculaires, des cas exceptionnels de l'assimilation de l'acide nitrique. Bien plus économique doit être la réduction de ce corps quand elle s'opère au soleil dans les cellules vertes en même temps que celle de l'anhydride carbonique et à l'aide de produits immédiats de l'assimilation du carbone.

SYNTHÈSE ET MUTATIONS DES SUBSTANCES ALBUMINOÏDES.

Chez les organismes inférieurs privés de chlorophylle, la question de l'origine des substances protéiques est relativement simple. Dès 1869, Pasteur (1) montrait que la Levure de bière, cultivée à l'obscurité dans un milieu minéral additionné de sucre et de sel ammoniacal, peut édifier sa matière vivante, c'est-à-dire faire la synthèse des albuminoïdes. Il en est de même des Bactéries et des Champignons cultivés dans des conditions analogues, en présence d'un nitrate ou d'un sel ammoniacal.

L'énergie nécessaire à ces travaux de synthèse est alors empruntée à la matière hydrocarbonée.

C'est par un procédé de même nature que les microbes fixateurs d'azote libre construisent leur matière protéique. Mais qu'il s'agisse de l'assimilation de l'azote libre, de l'ammoniaque ou de l'acide azotique par les organismes inférieurs, nous n'avons aucune notion précise sur la marche progressive de ces travaux synthétiques.

Nous ne sommes pas beaucoup mieux renseignés en ce qui concerne les mêmes phénomènes chez les plantes vertes, ainsi que nous l'avons déjà fait remarquer.

(1) *Annales de chimie et de physique*, 1869, t. LVIII.

Dès 1865, J. Sachs (1) posait la question de l'origine des substances albuminoïdes. Il ne lui paraissait pas impossible qu'en dehors des feuilles il pût s'en produire par la combinaison des principes élaborés non azotés avec l'ammoniaque ou l'acide nitrique.

Plus tard, le même physiologiste (2) attribua aux tubes criblés un rôle dans la production des matières protéiques; il ne pensait pas que la lumière fût une condition nécessaire de la synthèse de ces substances. Pfeffer (3) admit aussi cette dernière opinion, qui fut exagérée par Van Tieghem (4) : l'assimilation de l'azote, disait cet auteur, à partir des composés ternaires, est une propriété générale du protoplasme.

Les premières observations sur la genèse des substances albuminoïdes sont dues à Emmerling (5), qui attribua leur production aux feuilles sous l'influence de la lumière.

Sachs (6) arriva à une conclusion analogue pour ce qui est des substances albuminoïdes nécessaires à la formation des boutons floraux; il assignait un rôle actif aux rayons ultra-violets.

Treub (7) ne précise pas si l'acide cyanhydrique du *Pangium* peut, à l'obscurité, servir à la synthèse des corps protéiques.

Bien qu'ils n'aient point fait de distinction entre les

(1) *Physiologie végétale* (traduction française), p. 371.

(2) *Vorlesungen über Pflanzenphysiologie*, 1882, S. 392.

(3) *Pflanzenphysiologie*, 1881, Bd I, S. 239.

(4) *Traité de botanique*, 1891, t. I, p. 668.

(5) *Landwirth. Versuchs-Stationen*, 1880, Bd XXIV, S. 137.

(6) *Arbeit. des botan. Instit. in Würzburg*, 1887, Bd III, S. 372.

(7) *Loc. cit.*

substances albuminoïdes et les substances organiques azotées non albuminoïdes, Laurent, Marchal et Carpiaux (1) ont mis en évidence l'influence de la lumière dans la question actuelle. La formation des matières azotées organiques, aux dépens de l'ammoniaque et de l'acide azotique, serait, pour eux, due à l'action de la lumière aussi bien dans les feuilles privées de chlorophylle que dans les feuilles vertes.

E. Carpiaux (2), dans ses recherches sur le développement de la Chicorée à l'obscurité, n'a pas constaté une augmentation de la teneur en albuminoïdes, bien que les racines mises en expérience fussent largement pourvues de corps amidés et d'inuline.

Godlewski (3) a insisté sur la possibilité de la production des corps amidés dérivés de nitrates à l'obscurité, et sur la nécessité de la lumière pour la synthèse des substances protéiques.

Nous savons déjà que Kinoshita et Suzuki sont du même avis en ce qui concerne les corps amidés, que Suzuki, Hansteen, Zaleski et Palladine (4) ont constaté une production d'albuminoïdes à l'obscurité lorsqu'on fournit aux organes étudiés un sel ammoniacal ou un nitrate associé à des aliments hydrocarbonés convenables.

D'après Palladine, les feuilles étiolées, pourvues artificiellement de saccharose produisent beaucoup plus de matières protéiques non digestibles dans le suc gastrique

(1) *Loc. cit.*

(2) *Bull. de l'Agriculture de Belgique*, 1901, t. XVII, p. 564.

(3) *Loc. cit.*

(4) *Revue de botanique*, 1899, t. XI, p. 81.

quand elles sont exposées à la lumière qu'à l'obscurité. Il est vrai que les feuilles étaient devenues vertes.

Les rayons les plus réfrangibles du spectre avaient une action prépondérante sur la formation des matières protéiques en question, sans doute analogues aux nucléines.

Bref, dans les feuilles, la synthèse des albuminoïdes paraît en relation très étroite avec l'influence de la lumière, dont on conçoit l'utilisation dans un travail chimique de cette nature. Ailleurs (graines en germination et peut-être organes verts), il pourrait y avoir production de substances albuminoïdes à l'obscurité, mais, comme chez les Champignons, au prix d'une consommation de matières hydrocarbonées.

Nous venons de signaler le cas des corps amidés qui peuvent naître à l'abri de la lumière. L'histoire de ces substances est assez complexe, précisément parce que, chez les plantes, elles ont une double origine : ce sont tantôt des produits immédiats de l'assimilation et tantôt des produits plus ou moins directs de la désassimilation des matières albuminoïdes.

Il en est de même de l'acide cyanhydrique; chez le *Pangium*, il correspond évidemment à une phase d'assimilation; dans les feuilles des Amygdalées, lors du dédoublement de l'amygdaline, dans les graines en germination, c'est au contraire un résidu de la décomposition de corps azotés plus complexes, ainsi que l'a démontré A. Jorissen (1).

Souvent, il doit être difficile de dresser un inventaire

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 1887, 3^e sér., t. VII, et *Mémoires couronnés*, 1886, t. XXXVIII.

exact de ce qui, pour l'asparagine, les corps amidés et l'acide cyanhydrique, appartient aux produits d'assimilation et à ceux de désassimilation. Plus d'un observateur, sans s'en douter, a dû confondre les produits de l'une ou l'autre origine, spécialement lors de la germination des graines.

Ajoutons encore à cette source d'erreurs le fait que les corps amidés sont plus diffusibles que les substances albuminoïdes et que, dans leurs migrations à travers la plante, celles-ci semblent circuler à l'état amidé.

Telle est du moins l'opinion souvent admise.

C'est ainsi que l'histoire de l'asparagine est si complexe.

Assurément, l'opinion de Pfeffer et de Borodine sur l'accumulation d'asparagine dans les graines riches en réserves azotées germant à l'obscurité est exacte : cette substance résulte alors du dédoublement des albuminoïdes avec consommation du groupement hydrocarboné qu'ils renferment et accumulation d'un résidu amidé. Il importe peu que l'asparagine soit un produit direct de décomposition ou qu'elle soit déjà un état de condensation de corps plus simples (acides amidés), comme l'ont indiqué divers auteurs (Schulze, Prianischnikow).

A côté de cette asparagine résiduaire, qui se transforme facilement en matières protéiques en présence de sucres, il existe sûrement de l'asparagine qui provient de phénomènes de synthèse. Frank et Otto (1) l'avaient déjà signalé pour les feuilles à la lumière; nous avons rappelé que la même constatation a été faite par Kinoshita et Suzuki pour les graines en germination.

(1) *Ber. der Deutsch. bot. Gesells.*, 1890. Bd IX.

Dans ces derniers cas, l'asparagine apparaît comme un produit intérimaire de l'assimilation des substances albuminoïdes; elle s'accumulerait dans les conditions où la synthèse totale de celles-ci ne serait pas réalisée.

D'autres combinaisons azotées peuvent aussi dériver tantôt de phénomènes synthétiques et tantôt de phénomènes de désassimilation. Telle paraît encore l'ammoniaque : des sels ammoniacaux peuvent être introduits dans la plante comme aliments; il peut s'en produire soit par réduction des nitrates (Laurent, Marchal et Carpiaux), soit à la suite de phénomènes d'inanition, comme Muntz (1), Berthelot (2) et d'autres l'ont prouvé pour les plantes supérieures. Chez les microbes, c'est un résidu très fréquent de l'activité cellulaire, fait qui a été remis en évidence par les recherches d'Ém. Marchal (3) sur diverses espèces de moisissures et de bactéries.

Puisque nous sommes occupés à passer en revue les déchets de la désassimilation des substances albuminoïdes, signalons ce fait important constaté par Lutz : Des plantes adultes, placées dans un milieu nutritif avec amines non assimilables, ont dégagé de l'azote libre par suite de phénomènes de désassimilation provoquée par l'inanition. Toutefois, le même observateur a vérifié, ce qui avait déjà été indiqué par divers auteurs et d'une façon plus probante par Th. Schloesing fils (4), qu'il n'y a pas de perte d'azote pendant la germination des graines.

(1) *Loc. cit.*, p. 213.

(2) *Comptes rendus*, 1889, t. CLX, p. 419.

(3) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 1893, 3^e sér., t. XXV, p. 727.

(4) *Comptes rendus*, 1895, t. CXX, p. 1278.

Si ce procédé d'élimination de l'azote semble exceptionnel, on en connaît de nombreux exemples chez les Bactéries qui font fermenter les substances organiques azotées. Mentionnons, dans cet ordre d'idées, les observations de Grimbert (1) prouvant que le dégagement d'azote libre n'a lieu, chez le Colibacille, qu'en milieu anaérobie pourvu de peptone et d'amide.

D'autres circonstances rendent le problème des mutations des matières protéiques très complexe.

A l'heure actuelle, nous groupons encore dans l'étude des questions d'assimilation, sous cette dénomination, des substances qui doivent avoir une constitution chimique différente. Il y aura lieu de distinguer celles qui se rattachent aux nucléines, les plus simples d'après les travaux de Kossel, et celles qui ressemblent davantage à l'albumine. Mais ce progrès ne sera réalisé que le jour où la chimie sera dotée de meilleurs procédés de différenciation et d'analyse des substances protéiques.

Une dernière cause de complications provient des transformations que ces substances subissent lors de leurs migrations à travers les tissus des plantes. Tels que nous les concevons actuellement, les albuminoïdes sont peu solubles, difficilement diffusibles. Par contre, les corps amidés sont plus favorables aux phénomènes de transport. On suppose que les produits de l'assimilation circulent surtout à l'état amidé (2). Les études d'Emmerling (3) sur la Fève ont montré que lors de la maturité,

(1) *Annales de l'Institut Pasteur*, 1899, t. XIII, p. 67.

(2) U. SUZUKI, *Bull. of Coll. of Tokyo*, vol. III, p. 241.

(3) A. EMMERLING, *Landwirth. Versuch-Stationen*, Bd. LIV.

il y a diminution des corps amidés divers, non seulement dans les graines, mais aussi dans les gousses et les feuilles, où ils étaient auparavant abondants. Et ce sont les bases azotées (lécithine, choline, bétaine,...) qui dominent dans les graines.

Jusqu'à quel point les radiations lumineuses interviennent-elles dans la constitution des réserves albuminoïdes des graines et même des tubercules aux dépens des corps amidés, des substances sucrées et des autres produits d'assimilation? Une réponse catégorique à cette question est en ce moment impossible. Et l'on peut d'ores et déjà supposer qu'il y aura là des conditions tellement variables avec la nature des espèces et des organes qu'on ne pourra pas en faire l'objet d'une conception générale. Bref, si l'influence de la lumière doit être favorable en certaines circonstances, il est des cas où elle peut être remplacée par l'utilisation d'une autre source d'énergie (matières hydrocarbonées).

Les mêmes conceptions sont tout aussi admissibles lorsqu'il s'agit des transformations des réserves albuminoïdes lors de la germination. Comme l'a fait remarquer J. Goldberg (1), elles se trouvent dans l'albumen à l'état insoluble, doivent être digérées pour passer dans l'embryon et s'y reconstituent à l'état albuminoïde. Bien que l'auteur n'ait pas constaté d'augmentation du taux en matières protéiques, il conclut que l'embryon peut en produire à l'obscurité en prétextant qu'elles seraient incapables de traverser les membranes. Ce n'est là qu'une simple conjecture.

(1) *Revue de botanique*, 1899, t. XI, p. 337.

RECHERCHES PERSONNELLES.

Les expériences dont nous allons exposer les résultats avaient pour objet de préciser le rôle de la lumière dans l'assimilation de l'acide nitrique et de l'ammoniaque, et dans la synthèse des substances albuminoïdes aux dépens de ces combinaisons. Les premières ont été entreprises sur des plantules vertes et étiolées de Cresson alénois (*Lepidium sativum*) et de Moutarde blanche (*Sinapis alba*). Les graines étaient mises en germination sur une étamine tendue au-dessus de cristallisoirs remplis d'eau et recouverts d'une cloche.

Des essais ont été faits aussi avec des tiges étiolées de Poireau et des bourgeons étiolés de Chicorée. Enfin, on a soumis à des expériences analogues des tiges étiolées d'Asperge, des tiges vertes de la même plante, de Pomme de terre, de Moutarde blanche, de Mélilot élevé, des feuilles d'Épinard et des fleurs de Lilas Varin.

MÉTHODES D'ANALYSES.

Nous avons suivi, dans le dosage des diverses combinaisons de l'azote contenues dans les plantes étudiées, les méthodes adoptées dans les laboratoires d'analyses de l'État de Belgique et de Hollande (1). En voici l'exposé sommaire.

(1) *Méthodes de convention pour l'analyse des matières fertilisantes suivies dans les laboratoires belges et les stations agricoles hollandaises.* Bruxelles, 1899.

Détermination de l'azote total.

En présence de nitrates en quantité notable, cette détermination était effectuée par le procédé Kjeldahl-Jodlbauer. On prend 1 à 2 grammes de substance sèche que l'on introduit dans un ballon Kjeldahl avec 20 à 50 centimètres cubes d'acide sulfophénique contenant par litre 60 à 100 grammes d'acide phénique cristallisé. Chauffer légèrement et ajouter, après refroidissement, 1 gramme de poudre de zinc. Laisser digérer à froid pendant deux à trois heures et continuer ensuite comme dans la méthode de Kjeldahl ordinaire.

Détermination de l'azote total moins l'azote nitrique.

Dans les échantillons qui ne renfermaient que des traces de nitrates (graines), on a déterminé l'azote total par le procédé Kjeldahl.

Introduire dans un ballon Kjeldahl 1 à 2 grammes de substance sèche, 10 à 15 centimètres cubes d'acide sulfurique et 0^{gr},8 de bioxyde de mercure. Chauffer jusqu'à décoloration complète. Après refroidissement, diluer et faire passer dans le ballon à distillation avec 50 à 60 centimètres cubes d'une solution de soude concentrée (une partie de NaOH et deux parties d'H²O), 10 à 15 centimètres cubes d'une solution de sulfure de sodium à 10 % et 1 gramme de poudre de zinc. Distiller et recueillir les vapeurs dans de l'acide sulfurique titré dont l'excès est ensuite déterminé par la soude titrée avec le tournesol comme indicateur.

Lorsque la substance contenait des doses notables de nitrates, on chassait l'acide azotique par ébullition avec

l'acide chlorhydrique et le chlorure ferreux, puis on continuait comme ci-dessus.

La comparaison des résultats obtenus par ce procédé et de ceux que donne la méthode Kjeldahl-Jodlbauer permettait de déterminer l'azote nitrique.

Détermination de l'azote albuminoïde.

Procédé Stutzer : Peser 1 gramme de substance sèche, introduire dans un ballon et faire bouillir. Ajouter 2 à 5 centimètres cubes d'une solution saturée d'alun, puis, à l'aide d'une pipette, une quantité d'hydrate de cuivre correspondant à environ 0^{gr},4 d'oxyde cuivrique. Après refroidissement, ramener le précipité sans perte sur un filtre ; laver à l'eau, puis à l'alcool. Introduire le résidu dans un ballon Kjeldahl et le traiter par la méthode ordinaire.

Détermination de l'azote ammoniacal.

Peser 1 à 2 grammes et introduire dans un ballon à distillation avec un faible excès de magnésie calcinée. Distiller et recueillir les vapeurs dans l'acide sulfurique titré.

Dans ces conditions, la décomposition des corps amidés peu stables est très faible.

Détermination de l'azote amidé.

Par suite du défaut de rigueur des diverses méthodes de dosages des substances amidées, l'azote de ces dernières a été obtenu par différence, en diminuant le chiffre de l'azote total moins les nitrates du total de l'azote albuminoïde plus l'azote ammoniacal.

Ces diverses méthodes ne sont pas absolument rigou-

reuses, mais à défaut de procédés plus parfaits actuellement connus, nous estimons que nos résultats, toujours comparatifs, nous renseignent avec assez de précision sur les mutations des combinaisons de l'azote chez les végétaux.

Il ne sera peut-être pas inutile de faire remarquer que presque tous les dosages ont été faits en double, afin d'éliminer les causes d'erreur accidentelles. Chaque fois que les deux résultats obtenus par un même échantillon n'étaient pas concordants, en tenant compte des limites d'erreurs inévitables, on n'a pas hésité à faire un ou plusieurs nouveaux dosages.

Expérience I.

Assimilation de l'ammoniaque par le Cresson.

Le 1^{er} décembre 1899, trois lots de 4 grammes de graines de Cresson alénois sont mis à germer à la lumière diffuse du laboratoire; la température varie entre 8° et 15°.

Le 12, une culture est retirée et desséchée; elle servira de témoin. Puis on ajoute aux deux autres cultures les sels suivants :

Sulfate d'ammoniaque.	1 %
Sulfate de potassium	0.5
Sulfate de magnésium.	0.5
Sulfate de calcium	0.5
Phosphate de sodium	0.5
Sulfate de fer	quelques gouttes.

Une culture est maintenue à la lumière et l'autre est recouverte d'un cylindre obscur.

On a mis fin à l'expérience le 22 décembre.

Voici les résultats des analyses :

LOTS.	Azote total moins azote nitrique en milligrammes.	Azote ammoniacal en milligrammes.	Azote amidé en milligrammes.	Azote albuminoïde en milligrammes.	Azote organique total en milligrammes.
Graines originelles.	464,8	4,8	3,2	459,8	163,9
Plantules vertes témoins (sans sels nutritifs). .	463,7	0,7	4,6	460,4	163,0
Plantules vertes à la lumière avec sels nutritifs.	496,4	2,3	4,8	489,3	194,1
Plantules vertes à l'obscurité avec sels nutritifs.	476,7	5,8	13,0	153,9	170,9

Il convient de remarquer qu'en décembre, la lumière est faible et que la température ambiante était peu élevée; souvent le thermomètre descendait la nuit à 8° centigrades. Néanmoins, les plantules de Cresson ont, à la lumière, formé des substances albuminoïdes : $189^{\text{mgr}},5 - 160^{\text{mgr}},4 = 28^{\text{mgr}},9$, dont l'azote a été sûrement emprunté au sulfate d'ammoniaque.

A l'obscurité, il y a eu diminution du taux des matières protéiques et une légère augmentation des corps amidés. Si une partie de ceux-ci a pu prendre naissance pendant l'utilisation de la réserve albuminoïde, il n'en est pas moins vrai qu'il y a eu accroissement de l'azote organique total : $170^{\text{mgr}},9 - 165^{\text{mgr}},0 = 5^{\text{mgr}},9$, chiffre supérieur à la limite d'erreurs inévitables dans les dosages.

Expérience II.

Assimilation de l'acide nitrique par le Cresson.

Le 28 août 1900, on met à germer des graines de Cresson à la lumière; il y en a trois lots de 6 grammes. Le 15 septembre, les cultures restent stationnaires par suite de l'épuisement des réserves; on en retire une ce jour-là, pour la soumettre à la dessiccation.

L'eau contenue dans les deux autres cristallisoirs est remplacée par la solution suivante :

Eau.	4000 cent. cubes.
Nitrate de potassium	1 gramme.
Sulfate de magnésium	0gr,5.
Sulfate de calcium	0gr,5.
Phosphate de sodium	0gr,5.
Sulfate de fer	quelques gouttes.
Saccharose	40 grammes.

Une culture est laissée à la lumière, tandis que l'autre est placée à côté, à l'obscurité.

L'expérience a duré jusqu'au 21 septembre et a donné les résultats suivants :

LOTS.	Azote total moins azote nitrique en milligrammes.	Azote ammoniacal en milligrammes.	Azote amidé en milligrammes.	Azote albuminoïde en milligrammes.	Azote organique total en milligrammes.
Graines originelles	247,2	2,7	4,8	239,7	244,5
Plantules vertes témoins.	246,6	48,9	86,0	444,7	227,7
Plantules vertes placées à l'obscurité avec nitrate	290,3	2,6	67,6	220,4	287,7
Plantules vertes placées à la lumière avec nitrate	443,4	8,9	37,4	397,4	434,5

De l'examen de ces chiffres, on peut conclure que, pendant leur germination à la lumière, les graines avaient été le siège d'une abondante transformation des albuminoïdes en corps amidés et d'une production notable d'ammoniaque. Ce dernier fait, ainsi que la forte diminution du poids sec constatée, montre que les plantules souffraient d'inanition, faute d'aliments minéraux.

Après addition de sels appropriés et de sucre, les plantules vertes mises à l'obscurité ont assimilé $287^{\text{mgr}},7 - 227^{\text{mgr}},7 = 60$ milligrammes, empruntés, partie au résidu ammoniacal formé précédemment, partie au nitrate. En même temps, il y a eu reconstitution de substances albuminoïdes : $220^{\text{mgr}},1 - 141^{\text{mgr}},7 = 78^{\text{mgr}},4$. Comme les graines originelles en contenaient $259^{\text{mgr}},7$, on ne peut affirmer si ce sont les dérivés amidés produits pendant la germination qui, en présence du sucre, ont été repris par le travail de synthèse, ou si des corps amidés provenant de l'acide nitrique y ont participé.

Quoi qu'il en soit, il y a eu diminution du chiffre de l'azote amidé.

Signalons encore la disparition presque complète de l'azote ammoniacal, ce qui témoigne du pouvoir d'assimilation de l'ammoniaque à l'obscurité, en présence du sucre.

Quant aux plantules vertes maintenues à la lumière, elles ont assimilé une quantité très importante d'azote aux dépens du nitrate : $454^{\text{mgr}},5 - 227^{\text{mgr}},7 = 206^{\text{mgr}},8$, et il y a eu une abondante production d'albuminoïdes, à laquelle le nitrate absorbé a sûrement contribué. A noter aussi l'existence d'un peu d'ammoniaque et le taux relativement faible des corps amidés.

Expérience III.*Assimilation de l'ammoniaque et de l'acide nitrique
par la Moutarde.*

Cette expérience, commencée le 19 mars 1901, comprend six lots de 10 grammes de graines de Moutarde blanche. Il y en a trois exposés à la lumière et trois à l'obscurité, sous des cylindres opaques.

Le 30 mars, alors que les tiges vertes ont 10 à 12 millimètres de hauteur et les tiges étiolées 18 à 20 millimètres, on additionne les six cultures de

Phosphate de potassium. . . .	0.5 ‰
Sulfate de magnésium.	0.5 ‰
Sulfate de calcium	0.5 ‰
Sulfate de fer.	quelques gouttes.

De plus, à une culture verte et à une culture étiolée, on ajoute 1 ‰ de nitrate de potassium ; la même quantité de sulfate d'ammoniaque est introduite dans une autre culture verte et dans une culture étiolée.

Le 6 avril, les six cultures ont été soumises à la dessiccation pour être analysées.

LOTS.	Matière sèche en grammes.	Azote total moins azote nitrique en milligrammes.	Azote ammoniacal en milligrammes.	Azote amidé en milligrammes.	Azote albuminoïde en milligrammes.	Azote organique total en milligrammes.
Plantules vertes témoins à la lumière.	7,403	362,7	42,4	74,9	275,7	330,6
Plantules vertes avec nitrate de potassium à la lumière . .	7,448	395,8	45,7	76,8	303,3	380,4
Plantules vertes avec sulfate d'ammoniaque à la lumière .	7,370	457,0	37,4	429,4	290,2	449,6
Plantules étiolées témoins à l'obscurité.	6,974	362,5	42,0	89,3	264,2	350,5
Plantules étiolées avec nitrate de potassium à l'obscurité .	7,074	392,6	30,4	405,6	254,9	362,5
Plantules étiolées avec sulfate d'ammoniaque à l'obscurité.	7,039	440,3	62,4	93,4	254,8	348,2

Exposées à la lumière, les plantules vertes de Moutarde blanche ont élaboré des substances albuminoïdes aux dépens du sulfate d'ammoniaque et plus encore aux frais du nitrate de potassium. Elles ont aussi formé un supplément de corps amidés avec le premier de ces sels.

Chez les plantules étiolées, à l'obscurité, aucune synthèse de matières albuminoïdes n'a été observée. Celles auxquelles on avait donné du nitrate contenaient de l'ammoniaque, due à la réduction de ce sel, et présentaient un gain assez faible en produits amidés de même origine.

Expérience IV.

Sur l'assimilation de l'acide nitrique par le Poireau et la Chicorée étiolée.

Le 15 mars 1902, on fait trois lots aussi identiques que possible de tiges étiolées de Poireau provenant de la récolte de 1901. Chacun pèse 100 grammes; d'autre part, on réunit des bourgeons de Chicorée Witloof (chicons) de manière à constituer aussi trois lots de 200 grammes.

Un lot de chaque catégorie est desséché immédiatement; un second est placé dans un récipient avec de l'eau; quant au troisième, il plonge sur une profondeur de 3 à 4 centimètres dans la solution indiquée à la page 56. Ces deux lots de Poireau et Chicorée sont maintenus à l'obscurité, dans une armoire noire, à la température de 15° à 20°. Tous les deux jours, on renouvelle la solution nitrique pour éviter l'intervention des organismes inférieurs; le 25 mars, c'est-à-dire au dixième jour, on met fin à l'expérience et l'on constate que les tiges de Poireau ont donné des racines dans la solution nitrique, preuve qu'elles n'avaient pas souffert de ce mode de culture artificielle.

Les résultats des analyses sont consignés dans le tableau suivant :

LOTS.	Poids sec en grammes.	Azote total moins azote nitrique en milligrammes.	Azote ammoniacal en milligrammes.	Azote amidé en milligrammes.	Azote albuminoïde en milligrammes.	Azote organique total en milligrammes.
Poireaux témoins	9,332	363,6	14,4	428,8	220,4	349,2
Poireaux plongés dans l'eau .	8,430	364,7	46,7	427,3	220,7	348,0
Poireaux plongés dans la solu- tion nitrique	9,324	364,0	22,4	421,2	217,4	338,6
Chicorées témoins	6,586	423,8	5,0	28,7	85,0	443,7
Chicorées plongées dans l'eau .	5,990	423,0	7,8	30,6	85,2	445,2
Chicorées plongées dans la so- lution nitrique	6,666	425,4	8,4	34,8	82,4	446,9

La teneur en matières albuminoïdes n'a augmenté ni dans les tiges de Poireau ni dans les bourgeons de Chicorée étiolés et maintenus à l'obscurité; même il y a eu une légère diminution dans les deux cas. Elle n'est guère supérieure à la limite d'erreurs; si elle est réelle, elle doit être attribuée à une sorte d'excitation provoquée par la solution nitrique.

Quant à la diminution du poids sec des deux lots plongés dans l'eau, elle s'explique par la perte de matière brûlée pendant la respiration, perte compensée dans les deux autres lots par une absorption de sucre.

Comme on le voit, la présence de l'hydrate de carbone assimilable ne suffit pas, dans les tissus étiolés des deux espèces étudiées, à déterminer une production d'albuminoïdes à l'obscurité.

Expérience V.

Sur la production des substances albuminoïdes à la lumière et à l'obscurité.

Après les essais précédents, nous pouvons conclure que, chez les plantes supérieures, la production des matières albuminoïdes paraît liée à la présence de la chlorophylle et à l'intervention de la lumière.

Une dernière série de recherches entreprise sur des plantes et des organes variés confirmera cet important résultat.

Des diverses combinaisons azotées qui se retrouvent

chez les végétaux, la forme albuminoïde est, dans cette circonstance, la seule à considérer. C'est pourquoi nous avons seulement dosé les matières albuminoïdes dans les résultats fournis par l'expérience actuelle. Ainsi le travail matériel a été notablement réduit sans diminuer la valeur de la conclusion. Et c'est d'autant plus vrai que le dosage des albuminoïdes par la méthode de Stutzer est d'une exactitude tout à fait remarquable, à tel point que presque tous les dosages faits en double donnaient des résultats concordants à quelques dixièmes de milligramme près.

Le 6 juin 1902, au soir, on prépare une solution de nitrate de potassium de 1 ‰ additionnée de 2 ‰ de saccharose, dans laquelle on laisse plonger les matériaux suivants :

- 50 grammes de tiges vertes de Pomme de terre (avec feuilles);
- 60 — de tiges blanches d'Asperge;
- 60 — de tiges vertes d'Asperge;
- 50 — de tiges vertes de Moutarde blanche (avec feuilles);
- 50 — de tiges vertes de Mélilot élevé (avec feuilles);
- 50 — de feuilles d'Épinard;
- 30 — de fleurs de Lilas Varin.

Le tout est aussitôt mis à l'air libre, de manière à se trouver en pleine lumière le lendemain matin dès le lever du soleil.

En même temps, on avait préparé pour chaque espèce un lot témoin destiné à l'analyse et un troisième lot qui

a été plongé dans la solution nitrique sucrée, mais celui-ci se trouvait à l'obscurité.

Dans la journée du 7 juin, le ciel fut partiellement couvert le matin, mais très lumineux pendant tout l'après-midi. A 7 heures du soir, c'est-à-dire après seize heures d'insolation, les lots exposés à la lumière furent retirés en très bon état de conservation.

Le tableau suivant indique la richesse en matières albuminoïdes des vingt et un lots étudiés, exprimée en milligrammes :

	LOTS témoins.	LOTS à l'obscurité.	LOTS à la lumière.
Tiges vertes de Pomme de terre.	218,3	219,2	228,2
Tiges blanches d'Asperge. . . .	130,4	131,4	132,3
Tiges vertes d'Asperge. . . .	181,8	180,3	208,3
Tiges de Moutarde blanche . . .	287,7	238,8	307,9
Tiges de Mûlilot	317,0	317,0	378,7
Feuilles d'Épinard	181,3	178,4	176,9
Fleurs de Lilas Varin	113,7	111,6	110,0

Aucune des espèces étudiées n'a donné, à l'obscurité, une augmentation en matières albuminoïdes. A la lumière, seuls les organes à chlorophylle, l'Épinard excepté, ont présenté une assimilation de ces substances.

Le résultat donné par cette dernière espèce s'explique probablement par l'immersion complète des feuilles dans la solution nitrique.

Expérience VI.

L'assimilation de l'azote nitrique et la production des substances albuminoïdes sont-elles dues à l'intervention des zymases (diastases) synthétiques?

Depuis quelques années, les physiologistes tendent de plus en plus à attribuer à des actions zymotiques ou diastasiques les réactions chimiques qui s'accomplissent dans les tissus des êtres vivants. Les travaux de Buchner sur l'alcoolase et surtout ceux de G. Bertrand sur les oxydases ont apporté à cette doctrine des arguments d'une valeur incontestable. Il s'agit, dans ces exemples, de phénomènes de dédoublement ou d'oxydation tout différents des réactions synthétiques qui caractérisent les phénomènes de l'assimilation chez les végétaux.

Déjà Friedel (1) avait annoncé la possibilité d'obtenir la décomposition de l'anhydride carbonique par des sucres végétaux, opinion infirmée par Harroy (2).

Des résultats obtenus au cours des recherches actuelles nous avaient conduits à supposer, dès 1900, que la réduc-

(1) *Comptes rendus*, 1901, t. CXXXII.

(2) *Id.*, 1901, t. CXXXIII, p. 890.

tion des nitrates et la synthèse des combinaisons organiques de l'azote pouvaient aussi résulter de l'intervention de zymases. La grande importance d'une telle observation nous a rendus circonspects, et nous avons tenu à faire des essais multiples afin de nous convaincre. Nous ne rapporterons ici que les résultats de l'expérience VI, la plus complète de cette série.

Le 5 août 1901, on a mis en germination six lots de 10 grammes de graines de Moutarde, dont trois étaient à la lumière et trois à l'obscurité.

Le 12 août, les tiges vertes ont 45 à 55 millimètres de hauteur, tandis que les tiges étiolées atteignent 70 à 90 millimètres.

Deux cultures vertes et deux autres étiolées sont broyées avec soin dans un mortier, et l'on ajoute au produit 500 milligrammes de nitrate de potassium fondu. Les deux dernières cultures servent de témoins.

Des quatre cultures broyées, une verte et une étiolée sont chauffées à l'autoclave à 120° pendant quinze minutes; les deux autres ne sont pas chauffées; le tout est placé à 4 1/2 heures du soir à l'obscurité jusqu'au lendemain à 8 1/2 heures du matin, c'est-à-dire pendant seize heures. Les matériaux furent desséchés au bain-marie, puis broyés et soumis à l'analyse. En voici les résultats :

LOTS.	Azote total moins azote nitrique en milligrammes.	Azote ammoniacal en milligrammes.	Azote amidé en milligrammes.	Azote albuminoïde en milligrammes.	Azote organique total en milligrammes.
Culture verte témoin.	376,0	44,2	75,3	289,5	364,8
Culture verte additionnée de nitrate.	395,4	32,4	76,9	286,1	363,0
Culture verte additionnée de nitrate et chauffée à 120°	388,2	26,4	74,3	287,5	361,8
Culture étiolée témoin	375,6	9,7	101,1	264,8	365,9
Culture étiolée additionnée de nitrate	392,5	26,8	100,2	265,5	365,7
Culture étiolée additionnée de nitrate et chauffée à 120°	383,4	49,1	98,5	265,8	364,3

Non seulement le taux des matières albuminoïdes n'a pas été modifié au cours de l'expérience, mais il en a été de même de la teneur en substances amidées. Seuls les chiffres relatifs à l'azote ammoniacal ont subi une augmentation par suite de la réduction partielle du nitrate par les suc; ce phénomène était plus sensible dans les liquides non chauffés à 120°. Cette observation concorde avec les propriétés réductrices des nitrates par des tissus végétaux signalée autrefois par Laurent (1), et confirme les idées de Laurent, Marchal et Carpiaux (2) sur la production intérimaire d'ammoniaque dans l'assimilation de l'acide nitrique.

Expérience VII (3).

Dans l'expérience précédente, les suc; provenant du broyage des plantules ont été maintenus à l'obscurité. Nous supposons que si elles renfermaient des zymases synthétiques, celles-ci pouvaient fonctionner en l'absence de lumière. Cette conception devait *a priori* être rejetée, attendu que ces substances, dans les conditions normales, sont influencées par la radiation.

L'essai actuel a été conduit de manière à tenir compte de l'action de la lumière.

(1) *Annales de l'Institut Pasteur*, 1890, t. IV, p. 722.

(2) *Loc. cit.*

(3) Les résultats de cette expérience et des suivantes ne figuraient pas dans le mémoire primitif; ils ont été ajoutés pendant l'impression.

Le 29 juillet 1902, trois lots de 10 grammes de Moutarde blanche furent mis en germination à la lumière, à côté des lots compris dans les expériences VIII et IX.

Le 7 août, on a introduit les sels minéraux nutritifs (voir p. 106), et l'on a abandonné les trois cultures jusqu'au 15 de ce mois. Ce jour-là, une des cultures a été desséchée telle quelle à l'étuve, tandis que les deux autres ont été broyées très finement dans un mortier. On a soumis une de ces dernières cultures à l'autoclave à 120° pendant vingt minutes.

Les produits de broyage des deux cultures ont ensuite été additionnés de 0^{gr},5 de nitrate de potassium et exposés à la lumière pendant toute la journée du 16, et ensuite desséchés au bain-marie.

Le dosage des albuminoïdes a donné comme résultats :

Culture témoin	253 ^m gr,7
Culture broyée avec nitrate, non chauffée	251 ^m gr,5
Culture broyée avec nitrate, chauffée à 120° . . .	242 ^m gr,6

Si des zymases synthétiques existent dans les plantes vertes, elles ne semblent pas pouvoir fonctionner en dehors des cellules vivantes.

Pour ce qui est de la teneur en albuminoïdes des plantules chauffées à 120° (242^mgr,6), inférieure aux chiffres du témoin et du lot non chauffé, il convient sans doute de l'attribuer à l'action de la chaleur sous pression sur les diverses substances protéiques. N'aurait-elle pas eu pour effet de diminuer leur coagulabilité par les sels cuivriques mis en œuvre dans la méthode de Stutzer?

Expérience VIII.

La Moutarde blanche peut-elle produire des substances albuminoïdes aux dépens des corps amidés fournis comme aliments?

Le 29 juillet 1902, on met en germination sept lots de 5 grammes de graines de Moutarde blanche, dans les conditions adoptées pour les essais précédents.

Le 7 août, une culture est retirée et soumise à la dessiccation. Quant aux six autres, on y introduit par litre d'eau :

Phosphate acide de potassium.	0gr,5
Sulfate de magnésium	0gr,5
Sulfate de calcium	0gr,5

Puis à deux cultures, on additionne 1 ‰ d'asparagine; à deux autres, 1 ‰ d'acétamide, et aux deux dernières, 1 ‰ de formiamide.

Une des deux cultures de chaque catégorie est placée à la lumière, sur la fenêtre du laboratoire, tandis que l'autre est maintenue dans l'armoire obscure. L'expérience a été prolongée jusqu'au 11 août; dans l'intervalle, la radiation ne fut pas très vive, car la pluie fut assez fréquente et le temps souvent couvert.

Voici les résultats des dosages d'albuminoïdes du témoin et des six lots additionnés de corps amidés; nous y

joignons, pour comparaison, la teneur des graines originelles en albuminoïdes.

Graines originelles (5 gr.)	212 ^m gr,7
Plantules témoins.	156 ^m gr,7
Plantules avec formiamide à la lumière . . .	154 ^m gr,8
Plantules avec acétamide à la lumière. . . .	145 ^m gr,3
Plantules avec asparagine à la lumière . . .	156 ^m gr,3
Plantules avec formiamide à l'obscurité . . .	142 ^m gr,1
Plantules avec acétamide à l'obscurité. . . .	142 ^m gr,1
Plantules avec asparagine à l'obscurité . . .	142 ^m gr,3

Si l'on compare le taux des albuminoïdes dans les graines originelles et dans les plantules germées, on constate une diminution notable en corps protéiques, phénomène du reste bien connu et dû aux mutations de ces substances lors de la germination.

D'autre part, les plantules maintenues à l'obscurité pendant cinq jours ont perdu une quantité notable d'albuminoïdes (156^mgr,7 — 142^mgr,2), et il est peu probable qu'à côté de ce phénomène de régression, il ait pu se produire des corps albuminoïdes nouveaux aux dépens des substances amidées introduites dans le milieu de culture. C'est du reste ce que confirme le chiffre relatif à la culture de l'expérience suivante placée à l'obscurité : 145^mgr,4.

Au contraire, les plantules alimentées avec l'acétamide et surtout la formiamide et l'asparagine, exposées à la lumière, ont été incontestablement l'objet d'une production d'albuminoïdes qui a compensé les phénomènes de métabolisme. Le fait est surtout frappant pour l'asparagine.

Il faut conclure que, chez la Moutarde, les corps amidés ne peuvent engendrer des albuminoïdes qu'à la lumière.

Expérience IX.

Quels sont les rayons qui prédominent dans la synthèse des substances albuminoïdes chez la Moutarde blanche?

Lors de la mise en train de l'expérience précédente, nous avons préparé cinq lots de 5 grammes de Moutarde blanche dans lesquels on introduisit le 7 août, en même temps que les sels minéraux nutritifs, 1 ‰ de nitrate de potassium. Le même jour, une culture fut placée à l'obscurité; une autre à la lumière sous cloche incolore; une troisième sous une solution de sulfate de cuivre ammoniacal contenue dans une cloche à parois doubles de Sachs; une quatrième culture fut introduite sous une même cloche avec la solution de bichromate de potassium; enfin, la cinquième culture se trouvait sous une cloche analogue avec sulfate de quinine.

Le tout fut conservé dans les mêmes conditions jusqu'au 11 août; durant cette période, la lumière fut, comme nous l'avons déjà dit, relativement modérée.

Le dosage des albuminoïdes a donné les résultats suivants :

Plantules témoins (de l'expérience précédente).	156 ^m gr,7
Plantules avec nitrate à l'obscurité	143 ^m gr,4
Plantules avec nitrate à la lumière	172 ^m gr,3
Plantules avec nitrate sous la solution de sulfate de cuivre.	158 ^m gr,9
Plantules avec nitrate sous la solution de bichromate de potassium	151 ^m gr,4
Plantules avec nitrate sous la solution de sulfate de quinine.	146 ^m gr,8

Dans l'appréciation de la valeur du gain d'albumi-

noïdes produits pendant la durée de l'expérience, il convient de se fonder non pas sur le chiffre (156^{gr},7) indiqué pour le témoin, mais bien sur celui (145^{gr},4) qui correspond au taux de matières protéiques observé dans la culture maintenue à l'obscurité.

En effet, l'assimilation réalisée aux dépens des nitrates a dû compenser la perte provoquée par les phénomènes de désassimilation.

Cette remarque faite, on peut comparer les chiffres obtenus et en tirer la conclusion appropriée :

La synthèse des albuminoïdes, très active à la lumière complète, est surtout favorisée par la portion la plus réfrangible du spectre et particulièrement par les rayons ultra-violets.

Ces résultats confirment et complètent ceux indiqués, dès 1896, par E. Laurent, E. Marchal et E. Carpiaux (1). Ces auteurs avaient constaté la prépondérance des rayons les plus réfrangibles dans la production de combinaisons azotées aux dépens de l'azote nitrique et ammoniacal, mais sans distinguer la nature de ces combinaisons.

Expérience X.

*Les feuilles sont-elles, pendant la nuit, le siège
d'une production de substances albuminoïdes?*

Divers auteurs, et particulièrement Kosutany (2), supposent que la production des albuminoïdes peut se continuer pendant la nuit. C'est là cependant une opinion

(1) *Loc. cit.*, p. 857.

(2) *Loc. cit.*

assez discutable, étant donnée l'action de la lumière sur ce phénomène chez les plantes supérieures.

L'expérience suivante a été entreprise dans le but de nous assurer de la variation du taux des albuminoïdes dans les feuilles après le coucher du soleil.

Le 25 septembre 1902, à 6 heures du soir, on découpe sur cinq pieds de *Nicotiana alata* cultivés en pots et exposés pendant deux jours à une radiation assez vive des moitiés de limbes inférieurs, de façon à obtenir 50 grammes de poids frais. On dessèche aussitôt à l'étuve.

Six heures plus tard, c'est-à-dire à minuit 50 minutes, on enlève les autres moitiés des mêmes feuilles, en ne laissant que les nervures médianes; on obtient ainsi 50 grammes de tissus verts soumis immédiatement à la dessiccation.

Il convient de remarquer que les plantes en question restèrent la nuit dans le laboratoire, où la température a varié de 16° à 18°.

On a dosé l'azote sous forme nitrique, l'azote amidé et l'azote albuminoïde.

	Azote total en milligrammes	Azote nitrique en milligrammes.	Azote amidé en milligrammes.	Azote albuminoïde en milligrammes.
Feuilles enlevées à 6 heures du soir.	152,6	0,0	40,6	142,0
Feuilles enlevées à 12 ^h 30 (0 ^h 30)	148,5	4,1	5,1	142,3

De cette expérience, qu'il sera nécessaire de répéter avant de conclure d'une façon définitive, il résulte que dans le *Nicotiana alata*, les albuminoïdes ne se forment pas à l'obscurité aux dépens des produits diurnes de l'assimilation. Il y a aussi, pendant la nuit, une diminution des combinaisons amidées par suite de leur migration.

L'absence d'azote nitrique à la fin du jour s'explique par la réduction des nitrates sous l'action de la radiation. Au contraire, la nuit, les phénomènes d'absorption par les racines se continuant, il y a apport dans les feuilles d'un peu de nitrate, qui, faute de lumière, n'est pas assimilé.

CONCLUSIONS.

Chez les diverses espèces de plantes supérieures qui font l'objet de ces recherches : plantules de Cresson alénois (*Lepidium sativum*) et de Moutarde (*Sinapis alba*), bourgeons de Chicorée (*Cichorium Intybus*), tiges de Poireau (*Allium Ampeloprasum* var. *Porrum*), d'Asperge (*Asparagus officinalis*), de Moutarde blanche (*Sinapis alba*), de Mélilot blanc (*Melilotus albus*), feuilles de *Nicotiana alata*, fleurs de Lilas Varin (*Syringa persica* var.), il n'y a production incontestable de matières albuminoïdes aux dépens de combinaisons azotées minérales qu'à la lumière et dans les organes à chlorophylle.

D'après cela, voici l'état actuel de la question de l'assimilation de l'azote par les végétaux :

1° L'azote libre est assimilé par des organismes inté-

rieurs à l'état de vie autonome : *Clostridium Pasteurianum*, Bactéries diverses, Nostocs (?), *Rhizobium* cultivé avec sucre, ou en symbiose avec des plantes vasculaires (*Rhizobium* et Léguminees).

2° L'azote ammoniacal est assimilé par les plantes inférieures (Bactéries, Moisissures,...) privées de chlorophylle et sans l'intervention de radiations lumineuses. Chez les plantes vertes, ce phénomène peut avoir lieu à l'obscurité comme à la lumière, dans les tissus verts et dans ceux qui sont privés de chlorophylle; mais il est plus actif à la lumière dans les uns et les autres.

3° L'azote nitrique peut aussi être assimilé à l'obscurité par les organismes inférieurs privés de chlorophylle. Chez les plantes vertes, à part quelques exceptions (*Pangium*, graines en germination pourvues de réserves), l'assimilation des nitrates est beaucoup plus intense dans les feuilles vertes exposées à la lumière, surtout aux rayons les plus réfrangibles.

4° Lorsque de l'azote libre, de l'ammoniaque ou de l'acide nitrique sont assimilés à l'obscurité, il y a consommation de substances hydrocarbonées, qui fournissent l'énergie nécessaire aux travaux de réduction (nitrates) et de synthèse.

5° Les plantes inférieures non vertes peuvent exécuter la synthèse complète des substances albuminoïdes à l'obscurité. Ici encore, il y a utilisation d'énergie chimique empruntée aux combinaisons organiques.

6° Chez les plantes vertes, — et nous visons surtout les plantes supérieures, — cette synthèse n'a lieu qu'à la lumière.

Toutefois, des corps amidés en quantité limitée peuvent prendre naissance dans les organes privés de chlorophylle (graines en germination), même à l'obscurité. D'autre part, l'apport de certaines substances amidées (asparagine, glutamine) et de matières sucrées appropriées peut être suivi d'une production de corps albuminoïdes à l'obscurité. Mais dans l'état actuel de nos connaissances, il semble que la transformation d'acide nitrique ou d'ammoniaque en substances albuminoïdes chez une plante supérieure adulte, exige l'intervention de la lumière.

*
* *

L'assimilation de l'anhydride carbonique par les végétaux présente une remarquable unité. A l'exception de très rares organismes (Bactéries de la nitrification), qui peuvent réduire ce corps sans lumière et sans chlorophylle, il y a toujours utilisation de la radiation solaire pour transformer le gaz carbonique et l'eau en combinaisons organiques.

Dans ce phénomène, l'évolution paraît avoir suivi, à peu près exclusivement, une méthode unique. Au contraire, elle témoigne de variations diverses dans l'assimilation de l'azote, qui, du reste, s'offrait aux végétaux sous des formes utilisables plus nombreuses.

Tantôt l'énergie solaire a été employée. C'était là un moyen vers lequel devaient tendre les êtres vivants

chargés des travaux de synthèse de la matière organique.

Mais tout un groupe de végétaux, cependant tributaires des hydrates de carbone parce que privés de chlorophylle, sont aptes à consommer l'ammoniaque et l'acide nitrique. Ils ont pu adopter un tel mode d'alimentation azotée parce qu'ils disposaient d'une réserve d'énergie sous forme de matière hydrocarbonée.

Parmi les végétaux à chlorophylle, la même indépendance se retrouve jusque chez les types les plus élevés et dans les organes les mieux adaptés à l'absorption de la radiation. On en voit qui transforment les sels minéraux en combinaisons organiques azotées plus ou moins complexes en l'absence de la lumière.

Il n'en est pas moins vrai que, dans les conditions de vie normale, la synthèse des substances albuminoïdes est doublement dominée par la radiation solaire : celle-ci est d'abord nécessaire à la formation des corps sucrés, puis à leur transformation en ces groupements moléculaires qui sont la base de la vie.

Si l'on néglige des organismes tout à fait exceptionnels, on peut affirmer que partout où, à l'abri de la lumière, des êtres vivants construisent des substances organiques azotées plus complexes que leur aliment, il intervient une étincelle métamorphosée de l'énergie solaire.

Contribution à l'étude de la cellule folliculaire des glandes génitales des Gastéropodes; par C. De Bruyne, chargé de cours à l'Université de Gand.

La littérature de l'ovogenèse et de la spermatogenèse est des plus encombrées, car, depuis longtemps déjà, de nombreux anatomistes en ont fait l'objet de leurs recherches chez des représentants de toute la série animale. La chose s'explique, d'abord par la complexité très grande de ces processus, ensuite par le haut intérêt ontogénétique et phylogénétique qui s'y attache.

Malgré la productivité étonnante de l'anatomie sur ce terrain, de nombreux détails attendent encore une explication définitive, car les résultats obtenus dans la série diffèrent parfois notablement, et les conclusions qu'ils ont fait naître, même quand ils coïncidaient entre eux, sont loin d'être concordantes. C'est ainsi que le doute plane encore, par exemple, au sujet de la constitution théorique d'une glande génitale; du degré de parenté qui relie entre eux les éléments d'un épithélium séminal ou ovulaire; de l'origine de chacun d'eux; de leur indépendance — ou dépendance — réciproque et relative; de leur homologie : *a)* dans la série; *b)* dans les deux sexes; de l'analogie ou de la différence de leurs fonctions respectives; de leur évolution, etc.

Dans une série de publications (1), j'ai exposé les

(1) C. DE BRUYNE, *Sur l'intervention de la phagocytose dans le développement des Invertébrés* (Mémoire couronné par la Classe des sciences de l'Académie royale de Belgique, 1896). — *Cellules doubles* (Communi-

résultats auxquels m'ont conduit des recherches concernant la texture histologique des glandes génitales de quelques Insectes et au sujet de l'évolution de certains de leurs constituants. Ayant repris, chez les Mollusques, cette étude que des circonstances spéciales avaient suspendue, j'ai l'honneur de soumettre à la Classe des sciences, sous forme de communication préliminaire, les conclusions auxquelles je suis arrivé dans ces derniers temps.

Le sujet comporte : 1° la morphologie; 2° la physiologie; 3° l'évolution des cellules folliculaires de la glande génitale unisexuelle des Gastéropodes prosobranches et de la glande hermaphrodite des Pulmonés.

A. — GLANDE UNISEXUELLE.

C'est particulièrement *Paludina vivipara* L. qui a fourni les matériaux d'étude à Duval (1878), Brunn (1885), Platner (1885), Auerbach (1896) et Erlanger (1897), Köhler (1892) a choisi les Muricides. Les conclusions diffèrent très fort entre eux et s'écartent pour la plupart notablement des miennes.

Le testicule — ou l'ovaire — d'un Prosobranché a la structure suivante : Une série de tubes ondulés, débutant d'une façon aveugle, convergent vers les conduits vec-

cation faite au Congrès des sciences anatomiques. Gand, 1897). — *Contribution à l'étude de la signification physiologique de l'amitose* (Livre jubilaire dédié à Charles Van Bambeke, 1899). — *Signification physiologique de l'amitose* (Congrès de l'Association des anatomistes. Paris, 1899). — *La cellule folliculaire de l'Hydrophile*. (Communication faite au Congrès des sciences anatomiques. Tübingen, 1899).

teurs, spermiductes — ou oviductes. Chacun d'eux est recouvert d'une mince couche conjonctive à cellules plus ou moins aplaties que des trabécules minces unissent au tissu interstitiel.

Trois espèces d'éléments cellulaires, à caractères nettement distincts, composent l'*épithélium génital*. Une première, formant une couche presque toujours complète, — parfois interrompue cependant, — occupe la situation la plus externe, immédiatement sous la gaine conjonctive. Ces cellules sont jeunes, à noyau arrondi, assez volumineux et très chromatique; leur protoplasme, peu abondant, est homogène. Il n'y en a, le plus souvent, qu'une seule assise qui me paraît avoir échappé à l'attention des auteurs, ou dont les détails de structure, tout au moins, n'ont pas été décrits exactement. Elle me semble correspondre à ce que Köhler a appelé le *protoplasme pariétal* (chez *Murex brandaris* et *M. trunculus*), mais qui, d'après cet auteur, constituerait une sorte de plasmode logeant deux espèces de noyaux : les uns, les *grands*, seraient les *noyaux basilaires*, tandis que les autres auraient pour mission d'entraîner à leur suite un fragment de ce protoplasme pour aller former les spermatogonies. Auerbach avait déjà décrit cette couche sous le nom de *syncytium*, qu'il croyait parsemé de noyaux. D'après lui, la partie proximale des canalicules séminifères de *Paludina* serait occupée par une masse protoplasmique, à nombreux noyaux, qui, se creusant plus loin, va tapisser, sous forme de syncytium, toute la paroi interne de l'organe. Cette interprétation est absolument erronée, car la constitution interne du tube séminifère — ou ovigère — est parfaitement identique d'une manière générale sur toute l'étendue. Ces deux opinions assez semblables et qui se con-

fondent avec celle de Brunn, me paraissent en opposition formelle avec les faits, car dans mes préparations faites — et réussies — d'après les méthodes les plus récentes, les limites cellulaires se montrent le plus souvent avec une très grande netteté sur toute l'étendue de la couche.

Cette couche correspond au *tissu indifférent* dont j'ai décrit l'existence dans les tubes ovigères et séminifères d'Insectes et que je considère comme étant le tissu-souche des autres éléments épithéliaux sexuels de ces animaux. C'est elle, en effet, qui, chez les Prosobranches comme chez les Insectes, fournira les deux autres espèces de cellules, et je propose de la désigner sous le nom de *tissu germinatif*.

Selon qu'il s'agit d'un testicule ou d'un ovaire, nous aurons, comme deuxième variété cellulaire, les éléments en évolution ovulaire ou spermatique; les uns et les autres se reconnaissent toujours facilement, grâce à une série de caractères qu'on retrouve pour eux dans toute la série des métazoaires : il n'y a pas lieu d'insister pour le moment. Des transitions, dont la netteté varie considérablement avec le degré de fonctionnement physiologique de l'organe, établissent ce que je disais tantôt, que les oogonies et les spermatogonies dérivent du tissu germinatif.

Il en est encore de même de la troisième espèce d'éléments, les cellules folliculaires, sur lesquelles ont porté plus particulièrement mes recherches et que je crois pouvoir, dès à présent, assimiler dans les deux sexes et au quadruple point de vue morphologique, physiologique, ontogénétique et phylogénétique, aux *cellules fixes*, décrites pour la première fois par Sertoli (1878) dans le testicule des Mammifères. Cette thèse, contraire à

l'opinion de Jensen (1885) et d'autres, se trouve rapidement esquissée dans mes communications de 1899.

La constitution de l'épithélium gonadial que je viens d'exposer se retrouve sur toute l'étendue des acini ovi-gères ou séminifères des Prosobranches : il en résulte qu'à un niveau quelconque, elle reproduit identiquement l'ensemble d'un tube de glande mâle ou femelle d'Insecte. Ce rapprochement revêt, à mes yeux, une portée phylogénétique sur laquelle je compte m'appesantir davantage dans le travail *in extenso*.

Il résulte de ce qui précède que je considère comme absolument parallèles entre elles les structures des glandes sexuelles mâle et femelle des Gastéropodes prosobranches. Je me propose d'exposer brièvement mes résultats concernant la morphologie, la physiologie et l'ontogénie de leurs cellules folliculaires.

I. — *Morphologie.*

Les cellules folliculaires que, dès à présent, je voudrais appeler *nutritives*, varient assez notablement d'aspect — dans les deux sexes — selon l'époque d'activité fonctionnelle ou de repos de l'organe. On peut dire, d'une manière générale, qu'elles se font remarquer par leurs dimensions presque toujours plus grandes que celles des autres éléments : il y en a qui peuvent devenir relativement énormes. Leur protoplasme, le plus souvent abondant, et jamais régulièrement homogène, est chargé de granulations graisseuses, dont le nombre change selon le stade d'activité fonctionnelle de la cellule. C'est encore de conditions analogues que dépend l'aspect du

noyau : de sphérique qu'il était au début de son évolution, c'est-à-dire au moment où la cellule s'est différenciée du tissu germinatif, il peut devenir irrégulièrement lobé, polymorphe, bourgeonnant, etc., tout en augmentant — parfois énormément — de volume.

Il peut arriver que ces mouvements nucléaires aillent jusqu'au fractionnement, et il n'est pas rare d'en trouver deux et même plusieurs fragments répandus irrégulièrement dans le cytoplasme (1). Le nucléole, unique au début, est toujours assez grand; on en compte parfois autant qu'il y a de bourgeons ou de segments nucléaires, et toujours, dans ce cas, ils occupent à peu près le centre de ces parties.

Les propriétés chromatiques du noyau ne sont pas constantes : toujours prononcées, elles s'accroissent encore beaucoup pendant l'activité fonctionnelle de leur cellule, pour diminuer plus ou moins rapidement après pendant une période de régression, et ce au point que parfois on cherche vainement encore des vestiges nucléaires; il peut persister d'autres fois, au contraire, pendant que l'élément nutritif est entraîné par le courant spermatique.

Il peut se faire que les limites des cellules fixes soient peu accusées chez le mâle, comme chez la femelle, ou que de nombreuses granulations graisseuses les soustraient à la

(1) Ces noyaux polymorphes de cellules de Sertoli étaient assez généralement considérés comme étant en dégénérescence (Krause, Flemming, Bellanci, von Rath et d'autres). Mais Hermann d'abord et plus tard Meves ont annoncé que chez la Salamandre quelques-uns peuvent s'arrondir et se multiplier après par mitose. Je ne pense pas que tel soit le cas chez *Paludina*; tout au moins je n'ai jamais pu en observer la moindre preuve.

vue : dans ce cas, il ne faut s'en prendre qu'à la méthode de préparation, car si la fixation a été bien faite et que l'on a cherché à éliminer la graisse des coupes traitées aux liqueurs osmiques, ces limites apparaissent nettement, sauf aux niveaux où deux de ces éléments se touchent. Cette affirmation est en contradiction avec l'opinion de Brunn, Köhler et Auerbach, qui ne parlent que de *noyaux*, *grands noyaux*, *noyaux basilaires*, logés dans un protoplasme multinucléé : ils n'ont donc pas vu de corps cytoplasmique; c'est pourquoi Köhler dit préférer le terme de *noyaux basilaires* à celui de *cellules basales* que d'autres avaient employé jusqu'alors. Une thèse analogue a été soutenue par plusieurs anatomistes pour les cellules de Sertoli d'un grand nombre d'animaux : Souris *adulte* (Hermann); Rat, Cobaye, Chien, Chat (Regaud, qui emploie les expressions *syncytium fondamental*, *masse sertolienne syncytiale*); Lézard (Tellyesniczky); Amphibiens (Swaen et Masquelin); Poissons (Swaen et Masquelin, Sabatier, Peter). En 1899 déjà, j'ai eu l'occasion de combattre cette manière de voir en ce qui concerne les Mollusques et les Insectes; mais depuis cette époque, j'ai pu me convaincre qu'ainsi que l'a démontré Benda, elle ne se vérifie pas pour les groupes cités. Chez la femelle de *Paludina* et des Insectes, il y a toujours aussi une délimitation aux cellules folliculeuses, et cette dernière ressemblance vient compléter le parallélisme morphologique qui relie ces organismes des deux sexes (1).

(1) Il peut se faire que des éléments voisins, spermatogonies et spermatocytes, dépriment les cellules folliculaires et s'y enfoncent profondément : de là les images qui font croire parfois qu'ils y trouvent leur origine.

II. — *Physiologie.*

Dans cette note préliminaire, il est impossible de donner par le menu les détails de l'évolution de la cellule folliculaire dans les divers stades de son activité : je dois m'en tenir aux conclusions quant à son rôle physiologique.

Des groupes de spermatozoïdes fixés sur la cellule de Sertoli de Gastéropodes, reproduisent le *spermatoblaste* de von Ebner. Aucun détail de mes résultats ne m'autorise à admettre l'interprétation que le savant viennois a donnée tout d'abord de cette image, mais qu'il a abandonnée bientôt après.

Sertoli, Merckel et d'autres ont donné aux cellules pariétales le nom de *cellules de soutien*, voyant en elles des éléments de charpente. Bardeleben, dont l'opinion a souvent varié à leur sujet, se demande s'il n'y a pas lieu de les rapprocher, au point de vue fonctionnel, de la neuroglie des centres nerveux.

Faut-il les interpréter comme servant au groupement et à l'expulsion des spermatozoïdes, comme le veulent Swaen et Masquelin, Benda, Hermann et d'autres?

Personne, à ma connaissance, ne s'est prononcé pour cette autre théorie de Bardeleben, d'après laquelle l'élément en question fournira la queue du spermatozoïde, la tête ayant pris naissance par évolution spermatogoniale : il faut la nier absolument en ce qui concerne *Paludina*. Il en est de même de l'opinion que ce même auteur a rapidement esquissée à Tübingen, en réponse à une communication que j'y fis, en 1899, au Congrès de l'*Anatomische Gesellschaft* : elle admet que les cellules folli-

culaires des glandes sexuelles, mâle et femelle, seraient des *cellules génitales avortées* de l'autre sexe, et la fixation d'un groupe de spermatozoïdes sur les cellules de Sertoli du testicule constituerait un *essai avorté de fécondation interne*, un *phénomène de fécondation rudimentaire*. Pour Benda, au contraire, cette sorte de *copulation* aurait pour but de nourrir les spermatozoïdes, et il appelle la cellule *vegetative Geschlechtszelle*. J'aurai l'occasion de dire plus loin pourquoi je me rallie à cette manière de voir en ce qui concerne les Gastéropodes.

Biondi, Duval, Balbiani, Brunn, Auerbach, Brissaud, Regaud et d'autres encore peut-être considèrent la cellule de Sertoli, ou son équivalent, comme la souche des éléments constitutants de l'épithélium séminal. Parlant d'elle chez *Paludina*, Duval lui attribue le rôle de *cellule mère* donnant, par *endogenèse*, un grand nombre de noyaux, qui, entourés de protoplasme, vont former les spermatogonies. Cette opinion se rapproche assez bien de celle défendue par Brunn et Auerbach, qui, d'une manière générale, admettent cette descendance pour les spermatomères. Quant à moi, je ne puis m'y rallier en aucune façon : les cellules folliculeuses du testicule n'interviennent absolument pas dans la génération des cellules sexuelles, pas plus que celles de la glande femelle. Ce qui peut avoir conduit à faire concevoir pareille théorie, c'est que, ainsi que je l'ai déjà dit plus haut, la cellule basale peut être le siège de phénomènes nucléaires, qui, à première vue, en imposent pour une multiplication. Car, contrairement à ce qu'en pensent von Lenhossek et Peter, le *noyau de Sertoli* subit des modifications profondes pendant l'évolution spermato-

goniale : ce noyau bourgeonne, change sa forme, s'étrangle et peut parfois se fragmenter. Mais jamais cette segmentation ne s'étend au corps cellulaire et ne peut donc conduire à l'édification de deux ou plusieurs cellules filles capables d'évoluer à leur tour et d'engendrer ces éléments si essentiellement vitaux, les ovules ou les spermatozoïdes. C'est encore pour motif de brièveté que je renonce à examiner en détail les résultats quelque peu différents de chacun des auteurs cités; mais je dois ajouter que, dans mes si nombreuses préparations, je n'ai jamais rien vu qui ressemble à ce groupement de protoplasme, décrit par Duval, autour des noyaux fils.

Au lieu de constituer le début d'une multiplication cellulaire, l'apparition de la fragmentation nucléaire dans la cellule fixe de *Paludina* est, au contraire, un indice certain d'une dégénérescence prochaine. En 1897, je crois avoir démontré que les *cellules doubles*, décrites par Korschelt dans le follicule ovarique de certains Hémiptères, résultent non, comme le veut cet auteur, de la fusion de deux cellules, mais de la division en deux, par amitose, du noyau d'un élément unique, à la suite d'une augmentation considérable et en vue d'une fonction sécrétoire notablement accrue. Souvent, chez le Mollusque que j'ai étudié, la division amitotique — fractionnement, étranglement — du noyau de Sertoli conduit à la formation de deux noyaux, sans que le cytoplasme subisse le même sort, et l'on a alors sous les yeux des formations analogues — et homologues — aux *cellules doubles* de Korschelt.

Chun, Van Bambeke, Korschelt et d'autres, à leur exemple, ont démontré que l'augmentation de la surface

de contact du noyau avec le protoplasme a pour but de faire s'accroître la fonction végétative, et j'estime que, pour les cellules de Sertoli, chez la Paludine, il en est absolument de même, car, ainsi que je le ferai voir plus loin, je partage à leur sujet l'opinion exprimée déjà en 1883 par Swaen et Masquelin à propos des cellules similaires des Amphibiens et des Poissons : ces auteurs leur attribuent un rôle nutritif. Leur évolution est absolument identique à celle de certaines cellules oclorines glandulaires qui, augmentant considérablement les dimensions de leurs constituants, noyau et cytoplasme, sécrètent abondamment des substances et épuisent ainsi toute leur activité physiologique : elles ne se multiplient point, et leur contenu servira dans sa totalité à la nutrition des éléments séminaux, c'est-à-dire que, dans l'organisme, elles remplissent un rôle purement végétatif. Il a déjà été dit plus haut, en effet, que les cellules folliculaires se remplissent de granulations graisseuses, sécrétées sur place, — non originaires du tissu interstitiel, comme le prétendent, pour les Mammifères, Bardeleben et d'autres, — qui seront utilisées par les cellules séminales pendant leur évolution ou après que, sous forme de spermatozoïdes, elles se seront fixées sur elles. Pendant cette deuxième partie de leur existence, la dégénérescence, annoncée d'ordinaire par la fragmentation nucléaire, se continue et s'achève de façon suffisamment progressive pour qu'on puisse la poursuivre dans les préparations microscopiques provenant de matériaux recueillis à des époques successives.

La conclusion qui découle de tout ce qui précède, c'est qu'il faut attribuer aux cellules folliculaires du testi-

cule de *Paludina* un rôle essentiellement *nutritif*, quoiqu'il soit probable qu'il leur incombe encore d'autres missions, celle, par exemple, de servir de support aux spermatozoïdes, d'où les noms de cytophore, blastophore, spermatophore, etc., que certains anatomistes leur ont donnés.

La dégénérescence et la destruction subséquente que Duval et Platner acceptent pour les cellules sertoliennes ne s'achèvent pas toujours chez *Paludina* l'élément restant en place. Souvent, en effet, la cellule nutritive se détache de la paroi testiculaire et, s'épuisant progressivement au profit d'une lignée de spermatozoïdes fixés sur elle, elle est entraînée par le courant de sperme. Il n'est pas rare d'en trouver des traces, munies ou non de spermatozoïdes, dans les conduits vecteurs. Ce détail rappelle ce que j'ai dit du sort des cellules nutritives testiculaires de l'*Hydrophile* et confirme, une fois de plus, l'*analogie physiologique* de ces éléments chez les deux groupes d'animaux.

Tout ce que j'ai dit, au point de vue physiologique, de la cellule folliculeuse du testicule de *Paludina*, s'applique, *dans tous les détails*, à son homologue femelle : elle aussi constitue pour l'œuf une source de substances nutritives, qu'il incorporera pendant son évolution (oogonie, oocyte et ovule). Ce rôle une fois rempli, l'élément a atteint le terme de son existence et il disparaît, comme son correspondant mâle, par dégénérescence. A côté de cette fonction végétative, il en existe une autre, purement mécanique, celle de former un follicule clos, servant d'enveloppe protectrice : à ce point de vue encore, donc, il y a un parallélisme avec la cellule fixe du testicule.

III. — *Ontogénie.*

La question de la régénération des cellules nutritives a été pour beaucoup dans les divergences entre les nombreuses théories concernant la spermatogenèse, car c'est surtout dans les glandes mâles que l'on a étudié cet élément. Pour Brock, Jensen et d'autres, ce sont des cellules conjonctives immigrées, et pour Bardeleben, plus spécialement des éléments interstitiels. Tellyesniczky les considère chez le Lézard comme étant des éléments en dégénérescence, et Mathias Duval en a une opinion presque analogue, puisque, d'après lui, elles constituent chez *Paludina* le résidu des cellules qui, par voie endogénétique, ont donné lieu aux spermatogonies. J'ai fait voir qu'Auerbach, à la suite de Brunn, défend une idée assez semblable à celle de Duval au sujet de la provenance des spermatogonies, mais, d'après eux, les grands noyaux fils, nés par amitose du noyau père, reprendraient pour leur compte le rôle joué par celui-ci. Platner, au contraire, étudiant le même objet que les trois derniers auteurs, considère les cellules folliculeuses comme étant des spermatogonies transformées; telle est encore la manière de voir de Peter en ce qui concerne les Poissons.

Une idée originale et qui mériterait un examen critique dans une étude approfondie, fut lancée, il y a longtemps déjà et séparément par Balbiani, Duval, Blomfield et Segdwick-Minot. Prenant la re prit en 1887 et y revint encore plus tard (1892). D'après cette conception, la *cellule accessoire* serait dans le testicule un *élément féminin*. Le professeur de Nancy lui conteste l'équivalence avec la cellule folliculaire de l'ovaire qu'il considère comme la

cellule mâle de la glande femelle, comme le représentant des éléments séminaux, cette cellule accessoire devenant donc une sorte d'*ovule mâle*. J'aurai encore à revenir, pour la combattre, sur cette opinion à laquelle Bardeleben, se défendant d'avoir patronné l'idée que je lui attribue plus haut, s'est rallié lors du Congrès de Tübingen.

A l'exclusion de Brock et de Jensen donc, il y a une tendance, parmi les anatomistes, à admettre, pour les spermatogonies et les cellules nutritives, une parenté assez rapprochée : il y a cependant des écarts notables dans les détails. Mais une question encore en suspens, c'est celle de la provenance primitive des deux. Depuis 1896, j'ai exposé, dans les travaux cités, les résultats auxquels j'étais arrivé relativement à l'origine des cellules folliculaires dans les glandes génitales mâles et femelles des Insectes et des Mollusques : je considère ces éléments, de même que les spermatogonies et les oogonies, comme étant nés d'un *tissu indifférent* (pour lequel je propose ci-dessus le nom de *tissu germinatif*), chacun évoluant séparément et dans une direction déterminée. Benda défend la même opinion pour les Vertébrés et les Invertébrés supérieurs, de même que deux jeunes naturalistes, les docteurs Schoenfeld et von Winiwarter, dans leurs beaux travaux traitant respectivement de la spermatogenèse chez le Taureau et chez les Mammifères en général, et de l'ovogenèse chez l'Homme et chez le Lapin.

Je dois renoncer à décrire, dans cette note succincte, les stades de transition qui relient entre elles les cellules du tissu germinatif et leurs dérivées : je me contenterai d'affirmer que ces stades, parfois difficiles à trouver, sont absolument probants. Je termine ce chapitre en proclamant pour les cellules nutritives des deux glandes gén-

tales de *Paludina*, ainsi que pour leurs cellules sexuelles, une descendance en droite ligne de la souche germinative. Celle-ci est constituée par un tissu embryonnaire tapissant intérieurement — d'une manière plus ou moins continue — la gaine conjonctive des canalicules séminifères et pourvoit à la régénération des éléments génitaux et nutritifs, chaque fois qu'une génération a parcouru le cycle évolutif complet.

La discussion de ces divers points, et plus particulièrement celle relative à l'homologie des constituants glandulaires des deux sexes, devient beaucoup plus aisée et conduit beaucoup plus vite à des résultats définitifs, quand on peut s'appuyer sur les conclusions fournies par l'étude des glandes hermaphrodites : c'est ce que je ferai dans le chapitre suivant.

B. — GLANDE HERMAPHRODITE.

Elle a fait l'objet de nombreuses recherches : je citerai tout particulièrement celles de Duval (*Helix*), de Blomfield (*Helix*), de Zimmerman (*Helix*), de Köhler (*Helix* et *Arion*) et de Prowarzek (*Helix*). J'ai étudié cet organe chez les Pulmonés suivants : *Arion*, *Helix*, *Planorbis*, *Physa* et *Lymnaea* : mes résultats sont concordants chez tous.

L'hermaphroditisme atteint ici un degré très élevé, car l'ovo-testis est mâle et femelle dans toute son étendue. Comme chez les Prosobranches, la glande est composée de tubes nombreux, à texture absolument identique à celle décrite chez *Paludina*, sauf que l'on y trouve, à la fois, des cellules séminales et d'autres ovulaires. Tous les constituants, gaine conjonctive, tissu germinatif, cellules

nutritives, spermatiques ou ovulaires, correspondent absolument, comme situation, structure, etc., à ce que j'en ai dit à propos des glandes unisexuelles, et ce au point que, si le hasard de la coupe ne fait voir au microscope qu'une partie exclusivement mâle ou femelle d'un tube, on croirait avoir affaire à une glande unisexuelle. De plus, il y a *continuité* — et *identité* — parfaite, d'une part, entre le tissu germinatif qui donne des spermatogonies et celui qui engendre les oogonies, et, d'autre part, entre les cellules nutritives qui accompagnent une lignée spermatique et celles qui entourent un ovule en évolution : il m'a été absolument impossible de faire apparaître la moindre dissemblance. Leur évolution morphologique, de même que leur fonctionnement physiologique, sont absolument parallèles en tous points. Les détails que je pourrais communiquer à ce sujet ne feraient qu'allonger cette note qui doit rester succincte : je les réserve pour une démonstration plus explicite.

Les cellules nutritives, qui nous occupent plus spécialement ici, forment parfois sur un petit espace un tissu continu et absolument homogène dans toutes ses parties, englobant à la fois des cellules génitales des deux sexes qui parcourent chacune et séparément leur évolution : tous ces constituants sont morphologiquement et génétiquement indépendants les uns des autres, et chaque espèce conserve ses caractères propres depuis le moment où elle s'est différenciée du tissu germinatif.

Il m'est donc impossible d'admettre, avec Duval et avec Blomfield (1), que les cellules folliculeuses de l'ovo-

(1) Cet auteur a étudié la question chez *Helix* : il admet qu'une couche germinative d'*interstitial cells* fournit les cellules qui, par division de leur noyau, donnent lieu à une sorte de plasmode, auquel

testis seraient des produits résiduels, ou de les regarder, ainsi que le fait Köhler, comme des spermatogonies modifiées. A mon avis, ce sont sans contredit, comme dans la glande unisexuelle, des éléments qui, par adaptation spéciale et par suite de la division du travail, sont chargés, pendant l'ovogenèse et pendant la spermatogenèse, de fonctions purement végétatives, — et peut-être mécaniques, — et ce serait une erreur de croire à des cellules avortées. Certes, ainsi que je l'ai dit plus haut, elles dégénèrent à un moment donné de leur existence, mais cette dégénérescence, qui ne se produit que quand leur activité physiologique touche à sa fin, est elle-même une phase de leur fonction végétative.

L'étude de la glande génitale des Pulmonés, ainsi que je l'ai déjà dit en 1899 au Congrès de Tübingen, me paraît démontrer à l'évidence qu'*ontogénétiquement* et *morphologiquement*, les cellules nutritives sont homologues dans toute l'étendue des canalicules hermaphrodites; telle semble être aussi l'opinion exprimée en 1901 par Prowazek : il n'y a donc pas à distinguer des éléments nutritifs mâles et d'autres femelles. Mais pareille conclusion ne peut que renforcer et confirmer celles auxquelles j'étais arrivé antérieurement à la suite de mes premières recherches au sujet de l'homologie de ces éléments dans les glandes unisexuelles, et leur apporte un argument que je crois être décisif.

il donne le nom de *polyplaste*. Tous les noyaux, sauf un, le central, s'entourent de protoplasme individualisé et vont former les spermatozoïdes. Le central, au contraire, noyé dans un protoplasme granuleux, reste en place et forme l'appareil nutritif et de soutien qu'il appelle *blastophore* et qu'il assimile à la cellule de Sertoli.

Au point de vue *physiologique* aussi, la théorie trouve chez les Pulmonés une confirmation de la plus haute valeur. Le rôle dévolu à chacune de ces cellules, qu'elles accompagnent un ovule ou une lignée spermatogoniale, est et reste toujours le même : sécrétion de principes nutritifs destinés aux cellules génitales pendant leur évolution. Leurs phases fonctionnelles, qui rappellent absolument celles décrites plus haut pour leurs similaires des glandes unisexuelles, sont identiquement les mêmes dans toutes et ne revêtent jamais un caractère quelconque qui permette de faire la moindre distinction.

Il me paraît encore que la structure de la glande hermaphrodite et les phénomènes dont elle est le siège viennent saper complètement la conception de Duval, Blomfield, Prenant, Bardeleben, etc., et d'après laquelle les éléments folliculaires seraient des *ovules mâles*, c'est-à-dire un élément féminin resté dans le testicule ou un élément mâle resté dans l'ovaire après que la glande génitale, primitivement hermaphrodite, se serait transformée phylogénétiquement en organe unisexe. Si cela était, en effet, les cellules folliculeuses accompagnant les ovules seraient donc des résidus de cellules génitales mâles avortées, et les spermatophores, des œufs dégénérés. Dans ce cas, il faudrait que, l'une étant un ovule, l'autre une cellule mâle, avortés l'un comme l'autre, on pût reconnaître les détails suivants : *a)* il devrait y avoir dans leur évolution respective des stades différents; *b)* on devrait pouvoir trouver des transitions caractéristiques pour chacune de ces transformations. Or jamais — je crois l'avoir dit suffisamment — je n'ai pu trouver la moindre trace de ces différences, et aucun détail ne me paraît rappeler, à aucun moment, l'origine que leur

attribue la théorie en question. Ici, comme dans l'ovaire ou dans le testicule de *Paludina vivipara*, ce sont des cellules provenant, au même titre que les oogonies et les spermatogonies, du tissu germinatif (1) qui évoluent dans une direction déterminée : par suite de la division du travail et grâce à une activité végétative spéciale, elles fournissent aux produits sexuels des éléments nutritifs; leur existence finit avec leur activité physiologique, et à aucun moment de leur évolution autonome, elles n'ont eu une ressemblance quelconque avec les futures cellules sexuelles.

A mon avis, pareille glande hermaphrodite, se transformant dans la série en organe unisexe, n'a vu se produire que cette seule modification essentielle-ci : si, progressivement, elle devient exclusivement femelle, son tissu germinatif diminuera successivement la production de spermatogonies, pour la cesser enfin complètement. Les deux autres espèces d'éléments, oogonies et cellules folliculeuses, continuent à se produire comme auparavant et rien ne sera changé dans leur évolution, c'est-à-dire que la glande conservera deux espèces de cellules : les unes essentiellement génitales, — exclusivement femelles, — les autres essentiellement nutritives, sans que le sexe masculin ait laissé la moindre trace, tout au moins sans que des cellules *lui appartenant en propre* se soient transformées, *par avortement*, en éléments constitutifs de l'organe. Un phénomène en tous points analogue et parallèle se serait produit lors de la

(1) Le tissu germinatif de *Helix* me paraît correspondre à l'ensemble des *interstitial cells* décrit dans l'ovo-testis de cet animal par Blomfield.

transformation phylogénétique de l'ovo-testis en glande exclusivement mâle.

Si, comme l'admettent Pelseneer, Brock, Lang et d'autres peut-être encore, l'hermaphroditisme n'est pas une disposition primitive chez les Mollusques, mais qu'il dérive, au contraire, de l'état unisexué, — l'état femelle, — la théorie que je combats ici perd jusqu'à son dernier point d'appui : la glande unisexuelle ayant précédé phylogénétiquement l'hermaphrodite ne peut renfermer *normalement* des cellules génitales avortées de l'autre sexe. (J'ai dit plus haut pourquoi les éléments folliculaires ne peuvent pas davantage passer pour des cellules génitales — transformées — spécifiques de la glande.) La conception des auteurs que je viens de citer semble se vérifier pour d'autres groupes, ainsi qu'en témoignent les travaux de Beard, de Claus et de Delage. Si elle s'imposait pour tout le règne organique, on pourrait se demander quelles sont les modifications qui se sont produites progressivement dans la morphologie et la physiologie de la glande femelle devenant hermaphrodite (ovo-testis chez les Pulmonés). Il me paraît que les choses doivent s'être passées comme suit : L'ovo-testis, d'après la classification de Pelseneer, est une glande hermaphrodite indifférenciée, c'est-à-dire à acini tout à fait hermaphrodites; il en résulte que chacun des canalicules doit avoir été le siège des transformations phylogénétiques dont il s'agit. A l'origine, il ne se produisait là exclusivement que des ovules; mais, sous l'influence de causes extérieures, — telles que la fixation, le parasitisme, la vie fluviale ou terrestre, signalés par Pelseneer, — des formes animales se spécialisant, les acini génitales ont produit progressivement, de plus en plus, des cellules

mâles *en même temps* que des œufs. Ceux-ci, accompagnés de leurs cellules nutritives, n'ont rien cédé de leur follicule, et aucune modification — ni morphologique, ni physiologique — ne s'est produite chez eux. Ça et là, au lieu d'un follicule femelle s'est produit une formation similaire, — mâle, — qui, au lieu de renfermer un ovule, a produit une lignée spermatogoniale : les constituants des deux correspondent parfaitement et respectivement les uns aux autres : les cellules folliculaires sont en tous points analogues et homologues; celles enveloppant l'ovule ne peuvent donc aucunement être considérées comme des spermatogonies transformées, pas plus que celles qui sont appelées à nourrir et à soutenir les spermatozoïdes ne sont des ovules avortés.

Quelles que soient donc les relations phylogénétiques qui existent entre les glandes génitales unisexuelles et les hermaphrodites des Mollusques gastéropodes, elles ne fournissent aucun argument en faveur de la théorie défendue par Duval, Balbiani, Blomfield, Prenant, Bardeleben et d'autres; on pourrait ajouter qu'au contraire, elles apportent des preuves à l'appui des conclusions tirées ci-dessus des résultats fournis par l'étude comparative — au point de vue morphologique et physiologique — des glandes génitales des Prosobranches et des Pulmonés. Les cellules folliculeuses ne sont ni des produits sexuels avortés, ni les ancêtres des ovules ou des spermatozoïdes, ni des produits résiduels : ce sont des constituants des glandes sexuelles jouant exclusivement un rôle végétatif — et peut-être mécanique.

Gand, septembre 1903.

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE LA SYNTHÈSE DU BENZÈNE. —

Note complémentaire sur l'action de la potasse caustique alcoolique sur la dypnone; par Louis Gesché.

Dans une précédente communication (*), j'ai montré que si l'on abandonne au repos, pendant vingt-quatre heures, à la température ordinaire, un mélange intime de potasse caustique alcoolique cristallisable et de dypnone, on obtient principalement (dans certains cas 80 % de la dypnone mise en œuvre) de l'isodypnopinacoline α . A côté de ce composé, il se forme un produit dont je n'avais pu, jusqu'ici, déterminer la nature d'une façon précise.

Quelques faits permettaient pourtant d'admettre que ce produit devait avoir une composition identique à ou très voisine de celle des dypnopinacolines.

En effet, si l'on vient à chauffer à 180° le mélange de potasse caustique alcoolique cristallisée et de dypnone, à parties égales, on obtient (**) presque exclusivement de l'acide benzoïque et un hydrocarbure $C_{23}H_{22}$, qui sont précisément les produits de l'action de la potasse caustique alcoolique sur les dypnopinacolines.

D'autre part, en hydrogénant, à l'aide de l'amalgame de sodium, le produit secondaire brut, j'avais obtenu (***),

(*) *Étude de l'action de la potasse caustique sur la dypnone* (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE [Classe des sciences], 1900, pp. 293 et suiv.).

(**) *Ibidem*, p. 301.

(***) *Ibidem*, p. 306.

mais avec de faibles rendements, de l'alcool homodypnopinacolique.

M. Delacre ayant eu l'obligeance de mettre à ma disposition les résidus de la préparation de plusieurs kilogrammes d'isodypnopinacoline α par la méthode que j'ai décrite dans le mémoire cité plus haut, il m'a été possible de compléter mes recherches antérieures et de déterminer d'une manière satisfaisante la composition de ces résidus.

Je me propose d'exposer dans la présente note le résultat de mes recherches dans cette voie.

Le produit qui a servi de point de départ à mes recherches est constitué, comme je l'ai indiqué précédemment (*), par le mélange qui se dépose avant et après l'isodypnopinacoline α lorsqu'on fait cristalliser soit dans l'alcool, soit dans l'acide acétique, le produit brut de l'action de la potasse alcoolique à froid sur la dypnone.

Extraction de l'homodypnopinacoline α .

On dissout le produit dans le moins possible de benzine bouillante, on laisse refroidir la solution ainsi obtenue jusque vers 50° C., puis on y verse un grand excès de ligroïne (ébullition 60° C. environ).

Dans ces conditions, il ne tarde pas à se former un abondant dépôt de cristaux en aiguilles d'une blancheur de neige et d'une ténuité extrême.

On recueille ces cristaux sur un filtre et on les fait

(*) *Loc. cit.*

recristalliser à plusieurs reprises dans la benzine après les avoir, au préalable, lavés convenablement à la ligroïne froide.

Les solutions benzéniques fournissent un produit d'une blancheur éclatante, d'un aspect soyeux. Si les solutions sont concentrées, on obtient des aiguilles d'une finesse extrême; si, au contraire, on fait usage de solutions diluées, on obtient des aiguilles d'un diamètre un peu plus grand et le produit a l'aspect de la laine de verre.

La forme nette des cristaux dans ce cas permet de constater que le dépôt cristallin obtenu est constitué par un seul et même produit.

La dilution la plus convenable pour l'obtention de ces derniers cristaux est celle de 1 à 1.50 %.

Les cristaux obtenus de la benzine fondent à 162° C., et ce point de fusion ne change plus, même après dix recristallisations dans le même dissolvant; de plus, les cristaux obtenus par concentration des liquides mères possèdent exactement le même point de fusion.

Mais si l'on dessèche ces cristaux pendant plusieurs heures à l'étuve à 110-120° C., le produit perd son éclat soyeux, devient opaque et fond à 170° C. Recristallisé dans la benzine, il reprend son aspect et son point de fusion primitifs.

La dessiccation est accompagnée d'une perte de poids assez notable; ainsi 1^{gr},5425 de substance chauffé pendant quatre heures environ à 110-120° C., a perdu 0^{gr},2587 de son poids, soit environ 15.5 %.

Si, au lieu de faire recristalliser le composé desséché et fondant à 170° C. dans la benzine, on le fait recristalliser de l'acétone ordinaire, il se dépose de ce dissolvant

sous forme d'aiguilles extrêmement fines qui fondent à 170° C. Ce point de fusion ne change plus, même après un très grand nombre de recristallisations dans l'acétone.

L'analyse de ce produit m'a fourni les données suivantes :

Substance . . .	0.1661	0.3243	
Eau	0.0950	0.1838	Calculé pour
CO ₂	0.5482	1.0698	C ₃₂ H ₂₆ O :
C %	90.01	89.96	90 14
H %	6.35	6.29	6.10

La détermination de la grandeur moléculaire faite par la méthode ébullioscopique en solution acétonique m'a fourni les chiffres qui suivent :

Ébullition de l'acétone = 0°,970.

D = 24.3834. K = 17.1.

<i>p.</i>	<i>α</i>	M.
0.2064	0.035	413
0.3817	0.065	413
0.7703	0.125	433
1.0472	0.175	420
1.5562	0.255	428
2.2412	0.360	436

Moyenne. 424

Calculé pour C₃₂H₂₆O 426

Tous ces chiffres concordent avec la formule qui convient à une dynpinacoline.

M. Delacre m'ayant remis un échantillon d'homodynpinacoline α préparée par lui par déshydratation de l'homodynpinacone α à l'aide de l'acide acétique glacé, j'ai pu constater l'identité complète des deux produits.

Propriétés de l'homodypnopinacoline α .

L'homodypnopinacoline α se présente sous forme d'aiguilles blanches à aspect soyeux ou de masse blanche informe, suivant la nature du dissolvant dont on se sert pour sa cristallisation.

Elle fond à 170° C. quand elle est privée complètement de dissolvant. Les aiguilles obtenues des solutions benzéniques fondent à 162° C.

Elle est insoluble dans l'eau, peu soluble dans l'alcool, l'acide acétique, la benzine à froid ; plus soluble à chaud dans ces mêmes dissolvants. Elle est très soluble, même à froid, dans l'acétone.

M. Delacre a indiqué comme point de fusion de ce produit 168° C., mais il fait remarquer qu'il est difficile de lui faire atteindre ce chiffre.

M. Delacre signale la singulière propriété que possède ce corps de se déposer de ses solutions alcooliques ou acétiques « en formant tout d'un coup une masse cristalline, sans qu'il soit possible d'obtenir une cristallisation lente et d'examiner à la loupe l'identité des produits qui se déposent successivement ». M. Delacre ajoute que « cette propriété empêche d'avoir tous les apaisements désirables sur la question de savoir si ce composé n'est pas un mélange de plusieurs isomères ».

Dans les lignes qui précèdent, j'ai montré que les solutions benzéniques diluées (1 à 1.5 %) permettent d'obtenir des cristaux isolés qui font que l'on ne peut conserver de doutes au sujet de l'existence en tant qu'espèce chimique définie de l'homodypnopinacoline α .

Le point de fusion 170° C. observé par moi diffère

légèrement de celui indiqué par M. Delacre; mais, outre que cette différence n'est pas considérable, je crois devoir attribuer cette divergence à la propriété que possède l'homodypnopinacoline α de retenir très énergiquement la benzine, l'acide acétique et l'alcool quand on la fait cristalliser de l'un de ces dissolvants.

Il me paraît très probable que le produit benzénique (fusion 162° C.) notamment contient de la benzine de cristallisation.

Mais avant d'insister sur ce point, je tiens à noter la façon dont l'homodypnopinacoline α se comporte vis-à-vis de l'alcool et de l'acide acétique.

J'ai fait dissoudre 5 grammes de produit fondant à 170° C. dans environ 500 grammes d'alcool à 95° .

Par refroidissement, le produit s'est exactement comporté comme M. Delacre l'a signalé, et le volume occupé par la masse des cristaux est le même que celui qu'occupe le dissolvant.

Si l'on recueille la masse cristalline formée sur un filtre, elle se présente sous forme d'une masse blanche informe qui devient cassante par dessiccation.

Ce produit fond vers 167° - 168° C., mais si on le dessèche à 110 - 120° C. pendant plusieurs heures, son point de fusion s'élève et il perd de son poids. Ainsi $4^{\text{gr}},0507$ ont perdu, dans ces conditions, $0^{\text{gr}},0592$, soit un peu moins de 1 % de leur poids.

Cette observation permet d'expliquer la remarque faite par M. Delacre au sujet de la difficulté que l'on éprouve à obtenir un composé fondant exactement à 168° C.

Les solutions acétiques du produit fondant à 170° C. se prennent également en masse gélatineuse par refroidissement, et le produit que l'on obtient par filtration a

le même aspect que celui obtenu dans le cas des solutions alcooliques. Son point de fusion, avant dessiccation prolongée à 110°-120° C., est notablement inférieur. Ainsi, j'ai obtenu dans une de mes expériences un point de fusion de 154°-155°.

Or, lors de mes premières recherches (1), j'avais obtenu un produit cristallisé de l'acide acétique possédant le même point de fusion, et l'analyse élémentaire m'avait conduit aux chiffres suivants : C % 87.86 au lieu de 90.14, et H % 6.15 au lieu de 6.10. Ces chiffres indiquent la présence d'un composé moins riche en C et en H que l'homodypnopinacoline α , tel l'acide acétique.

De plus, en desséchant le produit obtenu ci-dessus pendant plusieurs heures vers 120° C., il a perdu de son poids et son point de fusion s'est élevé jusque vers 170° C. (5^{gr},9758 ont perdu 0^{gr},0415, soit plus de 1 %).

J'ai déjà indiqué longuement, dans les lignes qui précèdent, la façon de se comporter du produit cristallisé dans la benzine. L'ensemble des faits signalés à ce sujet permet de formuler l'hypothèse que le produit fondant à 162° C. contient de la benzine de cristallisation. J'ai, du reste, fait une combustion de ce produit et j'ai obtenu des chiffres qui montrent que l'homodypnopinacoline α était mélangée ou combinée à un produit plus riche qu'elle en C et en H, comme c'est le cas pour la benzine. J'ai obtenu, en effet, C % 91.05 au lieu de 90.14, et H % 6.51 au lieu de 6.10. Je n'ai pas cherché à établir si, comme il y a lieu de l'admettre, il y a là une véritable combinaison.

(*) *Loc. cit.*, p. 305.

*Action de l'acide sulfurique concentré
sur l'homodypnopinacoline α .*

Si l'on introduit de l'homodypnopinacoline α dans de l'acide sulfurique concentré, elle s'y dissout et la solution prend une coloration jaune orangé très faible, avec une fluorescence verte très intense.

Ce caractère fournit un moyen empirique des plus précieux pour s'assurer de la pureté du produit.

Il permet notamment de s'assurer de l'absence de traces d'isodypnopinacoline α . Celle-ci, en effet, prend au contact de l'acide sulfurique concentré une teinte grenat magnifique, qui passe rapidement au brun sale. Avec la plupart des composés de la dypnopinacone, l'acide sulfurique prend une coloration qui va du rouge vif au brun.

Action du chlorure d'acétyle.

Comme M. Delacre l'a signalé déjà, ce réactif est sans action sur l'homodypnopinacoline α .

Action de la potasse caustique.

En chauffant l'homodypnopinacoline α avec de la potasse caustique alcoolique cristallisable, j'ai obtenu sa scission en acide benzoïque et en hydrocarbure $C_{15}H_{22}$.

Si, au lieu de potasse caustique cristallisable, on se sert d'une solution alcoolique de potasse caustique à 1.5 %, on isomérisé totalement l'homodypnopinacoline α en isodypnopinacoline α , comme le montrent les expériences suivantes.

M. Delacre a déjà signalé (*) que si l'on fait bouillir à

(*) M. DELACRE, *Étude de la synthèse du benzène par l'action du zinc-éthyle sur l'acétophénone* (sixième communication). (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, 3^e sér., t. XXII, nos 9-10 [septembre-octobre], 1896, p. 452.)

reflux, pendant sept heures, une solution de 0^{gr},50 d'homodypnopinacoline α dans 50 grammes d'alcool additionnés de 0^{gr},0294 de potasse caustique, « il se dépose de l'isodypnopinacoline α et probablement son isomère β ».

J'ai, de mon côté, fait bouillir à reflux, pendant trois heures environ, une solution de 10 grammes d'homodypnopinacoline α dans une solution alcoolique à 1.5 % de potasse caustique, et j'ai recueilli, par refroidissement, 9^{gr},25 d'un produit cristallisant en gros cristaux vitreux ayant l'aspect de l'isodypnopinacoline α . Ce produit fondait à 154°-155° C. Ce point de fusion est un peu supérieur à celui de l'isodypnopinacoline α obtenu dans d'autres conditions (151°-152° C.). Il convient pourtant de remarquer que M. Delacre a obtenu, dans certaines conditions (*), un produit fondant à 155° C., qu'il n'a pu différencier d'avec l'isodypnopinacoline α . De plus, la combustion du produit que j'ai obtenu m'a fourni des chiffres qui concordent avec la composition de l'isodypnopinacoline α .

J'ai, en outre, soumis le produit fondant à 154°-155° C. à la distillation dans le vide; il s'est, dans ces conditions, comporté comme l'isodypnopinacoline α .

Hydrogénation de l'homodypnopinacoline α .

Les résultats que j'avais obtenus précédemment par hydrogénation à l'aide de l'amalgame m'avaient fait espérer un moment que j'aurais pu, par ce réactif, transformer intégralement le produit que j'avais isolé en

(*) M. DELACRE, *Étude de la synthèse du benzène par l'action du zinc-éthyle sur l'acétophénone* (quatrième communication). (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE [Classe des sciences], 3^e sér., t. XXIX, n° 6 [juin], 1895, p. 871.)

homodypnopinalcool. Le pouvoir isomérisant des solutions alcalines a fait que je n'ai pu obtenir, dans plusieurs essais, qu'une faible quantité de cet alcool, qui se fait aisément par le zinc-éthyle.

Teneur en homodypnopinacoline α du produit brut.

Je ne crois pas sans intérêt de signaler ici la quantité d'homodypnopinacoline α que j'ai pu retirer du produit brut.

Voici, à ce sujet, les chiffres que j'ai relevés dans l'une de mes expériences.

Pour dissoudre 50 grammes de produit, j'ai employé 170 grammes de benzine bouillante. J'ai filtré la solution et lavé le ballon dans lequel j'avais fait la solution, ainsi que le filtre, avec 50 grammes de benzine bouillante.

La solution benzénique (50 grammes de produit brut dans 220 grammes de benzine) a été additionnée de 250 grammes de ligroïne. Il s'est déposé 42 grammes d'homodypnopinacoline α , soit 84 %.

En abandonnant la solution mère, j'ai obtenu une nouvelle quantité de cristaux d'homodypnopinacoline α .

Autres produits contenus dans le produit brut.

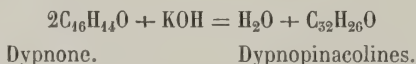
En concentrant les solutions mères (mélanges de benzines et de ligroïne) on obtient, à côté d'une nouvelle quantité d'homodypnopinacoline α , quelques cristaux d'isodypnopinacoline α .

En concentrant davantage, on obtient une petite quantité d'une huile incristallisable dont je n'ai pas cru devoir faire l'étude, étant donnée la faible quantité que j'en ai pu recueillir.

Résumé et conclusions.

Il résulte de ce qui précède que le produit qui accompagne l'isodypnopinacoline α dans la production de celle-ci par l'action, à froid, de la potasse caustique alcoolique cristallisable sur la dypnone, est constitué, en majeure partie (84 %), d'homodypnopinacoline α .

Or, dans certains cas, j'ai obtenu, dans la réaction dont il s'agit, jusque 80 % d'isodypnopinacoline α au lieu de (théoriquement) 96 %. Le rendement en produits de la formule $C_{32}H_{26}O$ (dypnopinacolines) est donc sensiblement théorique et la réaction peut être représentée par l'équation



Enfin, si l'on considère qu'il suffit de faire bouillir, pendant environ trois heures, l'homodypnopinacoline α avec une solution alcoolique de potasse caustique à 1.5 % pour la transformer en isodypnopinacoline α , on prévoit qu'il suffira de modifier légèrement la méthode de préparation de ce produit, indiquée précédemment par moi, pour l'obtenir en quantité sensiblement théorique.

En terminant, je tiens à remercier publiquement mon maître, M. Delacre, pour les nombreux conseils qu'il m'a donnés au cours de ces recherches.

Université de Gand, laboratoire de recherches.

The Eulerian nutation of the Earth's axis;

by G. H. Darwin, Cambridge.

The latitude of any place is the mean of the altitudes of a star at its two transits above and below the pole, and the meridian is the great circle through the zenith bisecting the small circle described by a circumpolar star. Thus both the latitude and the meridian depend on the instantaneous axis of the Earth's rotation, the observed latitude being the altitude of the instantaneous axis, and the meridian a great circle passing through that axis and the zenith of the place of observation.

But the meridian may also be taken to mean a great circle fixed in the Earth passing through the geographical pole and the place. We may call these two circles the astronomical and geographical meridians. The relationship between the two meridians may be illustrated by a figure which I leave to the reader to draw for himself. If C be the geographical pole, I the instantaneous axis and P the place of observation, then IP is the astronomical meridian and CP the geographical meridian. The Eulerian nutation of an absolutely rigid Earth would be such that I would describe a circle round C in a period of 506 days; if we allow the Earth to yield elastically to centrifugal force the period of the circular motion is augmented and observation shows that the period of 506 days becomes one of about 430 days; lastly it appears that in actuality the simple circular motion is perturbed by other inequalities. In the present discussion

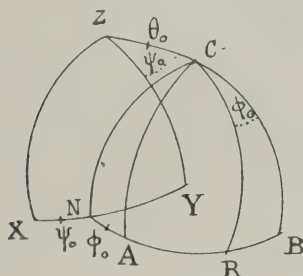
it will suffice to consider only the nutation of the ideal unyielding Earth, although I shall draw attention in passing to the modifications to be introduced in order to allow for the elastic yielding of the planet.

When P, the place of observation, lies near the circle described by I, the instantaneous axis, the oscillations of the astronomical about the geographical meridian will be large; and when it is inside the circle the astronomical meridian will describe a complete circuit relatively to the geographical meridian, but with variable angular velocity.

The linear dimensions of the circle or curve described by the instantaneous axis are actually excessively small compared with the Earth's radius, and it is not likely that observations will be taken within a very short distance of the pole, yet when we are endeavouring to secure the highest possible accuracy in astronomical observations the oscillation of the astronomical meridian ought to be examined.

It is clear that in discussing this subject the precession and forced nutations, due to the attractions of the Sun and Moon, may be omitted and that we need only consider the free Eulerian nutation. We have then to determine the position at any time of a system of rectangular axes fixed in the Earth relatively to a system of rectangular axes fixed in space. The axes fixed in the Earth will be C the geographical north pole and a pair of mutually perpendicular axes A, B in the geographical equator. Since *ex hypothesi* the system moves free from the action of external force, we may take the axis of resultant moment of momentum as axis of Z fixed in space,

and X, Y perpendicular to one another in the principal plane of the system, also fixed in space.



The position of ABC relatively to XYZ may be defined by the Eulerian angles θ_0 , φ_0 , ψ_0 as shown in the annexed figure. If p , q , r are the components of angular velocity of the Earth about the axes A, B, C; and if A, B, C are the moments of inertia about the same axes, the equations of motion are

$$A \frac{dp}{dt} = (A - C)qr, \quad A \frac{dq}{dt} = (C - A)pr, \quad C \frac{dr}{dt} = 0.$$

These equations have to be modified if we take account of the elastic yielding of the Earth to centrifugal force. Supposing that a spherical planet of the same mass, law of internal density, and elasticity as the actual Earth were made to rotate with the same angular velocity as the actual Earth, it would become strained under the influence of centrifugal force. This spherical planet being ideal, we may further suppose that the materials of which it is

composed are such that the strain does not exceed the limits of perfect elasticity. Let C_1, A_1 denote the principal moments of inertia of the strained spherical planet; C, A the moments of inertia of the actual Earth; and $A' = A + (C_1 - A_1)$. Then it may be proved that the equations of motion of the elastic Earth have the same form as before, except that A' replaces A . Hence the solution will be the same in form as that for the unyielding Earth, and we may henceforth revert to our original hypothesis. I may however remark that if the Eulerian nutation has its period augmented from 506 to 450 days, we must have $A' = 1.00094 A$.

From the third of the differential equations, we have $r = n$, a constant; and from the first two, with appropriate choice of the epoch,

$$p = F \sin \frac{C - A}{A} nt, \quad q = -F \cos \frac{C - A}{A} nt,$$

where F is a constant.

If k is the resultant moment of momentum of the system, the direction cosines of Z referred to ABC are $\frac{Ap}{k}, \frac{Aq}{k}, \frac{Cr}{k}$; hence

$$\frac{Ap}{k} = -\sin \theta_0 \sin \varphi_0, \quad \frac{Aq}{k} = -\sin \theta_0 \cos \varphi_0, \quad \frac{Cr}{k} = \cos \theta_0.$$

Since $r = n$, the last of these shows that θ_0 is a constant, say γ .

Therefore

$$p = -\frac{Cn}{A} \tan \gamma \sin \varphi_0, \quad q = -\frac{Cn}{A} \tan \gamma \cos \varphi_0.$$

Comparison with the solution of the differential equation shows that $\varphi_0 = -\frac{C-A}{A} nt$.

One of the geometrical equations derivable from the figure is

$$\sin \theta_0 \frac{d\psi_0}{dt} = -p \sin \varphi_0 - q \cos \varphi_0.$$

Whence

$$\frac{d\psi_0}{dt} = \frac{Cn}{A} \sec \gamma.$$

Hence when time is measured from the instant when the right ascension and east longitude of the instantaneous axis are both 270° , the solution is

$$\theta_0 = \gamma, \quad \varphi_0 = -\frac{C-A}{A} nt, \quad \psi_0 = \frac{Cn}{A} \sec \gamma;$$

$$p = \frac{Cn}{A} \tan \gamma \sin \frac{C-A}{A} nt,$$

$$q = -\frac{Cn}{A} \tan \gamma \cos \frac{C-A}{A} nt, \quad r = n.$$

It is interesting to remark that $\frac{d\psi_0}{dt}$ is an angular velocity a little more rapid than n , and $\frac{d\varphi_0}{dt}$ is a slow negative angular velocity, the two being so adjusted as to maintain a constant angular velocity n about C .

If ω be the resultant angular velocity

$$\omega^2 = p^2 + q^2 + r^2 = \left(\frac{Cn}{A \cos \gamma} \right)^2 \left(1 - \frac{C^2 - A^2}{C^2} \cos^2 \gamma \right).$$

Therefore the direction cosines of the instantaneous axis are

$$\frac{\sin \gamma \sin \frac{C-A}{A} nt}{\sqrt{\left(1 - \frac{C^2 - A^2}{C^2} \cos^2 \gamma\right)}}, \quad \frac{-\sin \gamma \cos \frac{C-A}{A} nt}{\sqrt{\left(1 - \frac{C^2 - A^2}{C^2} \cos^2 \gamma\right)}},$$

$$\frac{\frac{A}{C} \cos \gamma}{\sqrt{\left(1 - \frac{C^2 - A^2}{C^2} \cos^2 \gamma\right)}}.$$

If α denotes the angle between the instantaneous axis I and C the geographical pole, these direction cosines are also $-\sin \alpha \sin \varphi_0$, $-\sin \alpha \cos \varphi_0$, $\cos \alpha$.

Hence

$$\tan = \gamma \frac{A}{C} \tan \alpha,$$

so that

$$p = n \tan \alpha \sin \frac{C-A}{A} nt, \quad q = -n \tan \alpha \cos \frac{C-A}{A} nt.$$

Since γ denotes the angle CZ and α the angle CI, and since C is greater than A, the instantaneous axis I lies on CZ produced beyond Z in the figure.

We also have

$$\tan IZ = \frac{C-A}{A} \cdot \frac{\tan \alpha}{1 + \frac{A}{C} \tan^2 \alpha}.$$

Since $\frac{A}{C}$ is very nearly unity, we have to a very close degree of approximation

$$\tan IZ = \frac{C - A}{C} \sin \alpha \cos \alpha.$$

In the case of the Earth α is known to be about $0''.15$ and $\frac{C-A}{A}$ is about $\frac{1}{306}$ (or $\frac{1}{430}$, when A' replaces A). Hence IZ is about $0''.0005$ (or $0''.00054$). Thus for observational purposes the instantaneous axis is practically identical with the axis of resultant moment of momentum. Hence the free nutation does not sensibly affect the obliquity of the ecliptic as derived from observation, and there is no observable nutation of this kind in longitude.

However in order to examine the subject fully I continue to maintain the distinction between the instantaneous axis and that of resultant moment of momentum.

I now desire to find the relationship between the astronomical and geographical poles and equators. Hitherto the investigation has been rigorous, but I shall now proceed approximately.

If λ be the geographical latitude of the place of observation P lying on the circle CA , IP being the astronomical colatitude may be put equal to $\frac{1}{2}\pi - \lambda - \delta\lambda$, so that $t\delta\lambda$ is the variation of latitude.

Let us replace I by C' as designating the instantaneous axis, then if the great circle IP or $C'P$ be produced until PA' is equal to $\lambda + \delta\lambda$, C' and A' are the extremities of two axes at right angles to one another. Adding to these a third axis B' at right angles both to A' and C' , we have a new set of rectangular axes such that C' is the astronomical pole and $A'B'$ the astronomical equator.

The problem is to determine the position of $A'B'C'$ with respect to axes $X_0Y_0Z_0$ fixed in space, where X_0Y_0 is the ecliptic and X_0 is the descending node of the principal plane of the Earth, namely our former XY , on the ecliptic our present X_0Y_0 .

For the moment, I have no need to refer to $X_0Y_0Z_0$ but fix my attention on the systems ABC and $A'B'C'$.

If $A'B'C'$ are derived from ABC by three small rotations $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ about A, B, C respectively, and if x, y, z are the coordinates of any point fixed with reference to ABC , whilst $x + \delta x, y + \delta y, z + \delta z$ are the coordinates of the same point when referred to $A'B'C'$, we have

$$\delta x = \theta_3 y - \theta_2 z,$$

$$\delta y = \theta_1 z - \theta_3 x,$$

$$\delta z = \theta_2 x - \theta_1 y.$$

First suppose that the fixed point lies at C' or I on a sphere of unit radius. We found above the rigorous expressions for the direction cosines of I the instantaneous axis; on reducing these to an approximate form, we have to the first order of small quantities

$$x = \sin \alpha \sin \frac{C - A}{A} nt, \quad y = -\sin \alpha \cos \frac{C - A}{A} nt, \quad z = 1.$$

But its coordinates referred to $A'B'C'$ are $0, 0, 1$.

Therefore

$$\delta x = -\sin \alpha \sin \frac{C - A}{A} nt,$$

$$\delta y = \sin \alpha \cos \frac{C - A}{A} nt, \quad \delta z = 0.$$

In this case y and x are both small quantities of the first order, and θ_3 is also small; therefore $\theta_3 y$ in the first equation and $-\theta_3 x$ in the second are of the second order and negligible.

Hence the first two equations become

$$\delta x = -\theta_2, \quad \delta y = \theta_1;$$

these give

$$\theta_2 = \sin \alpha \sin \frac{C-A}{A} nt, \quad \theta_1 = \sin \alpha \cos \frac{C-A}{A} nt.$$

The value of θ_3 is not to be determined from this, save that it must be a small quantity of the first order.

Secondly let the fixed point be P lying on the circle CA on a sphere of unit radius. Its coordinates referred to ABC are

$$x = \cos \lambda, \quad y = 0, \quad z = \sin \lambda.$$

Referred to A' B' C', its coordinates are

$$x + \delta x = \cos (\lambda + \delta \lambda), \quad y + \delta y = 0,$$

$$z + \delta z = \sin (\lambda + \delta \lambda).$$

Therefore

$$\delta x = -\delta \lambda \sin \lambda, \quad \delta y = 0, \quad \delta z = \delta \lambda \cos \lambda.$$

Hence

$$-\delta \lambda \sin \lambda = -\theta_2 \sin \lambda, \quad 0 = \theta_1 \sin \lambda - \theta_3 \cos \lambda,$$

$$\delta \lambda \cos \lambda = \theta_2 \cos \lambda.$$

Therefore

$$\theta_2 = \delta \lambda, \quad \theta_3 = \theta_1 \tan \lambda.$$

The angular displacements whereby ABC is brought to A' B' C' are accordingly

$$\theta_1 = \sin \alpha \cos \frac{C - A}{A} nt,$$

$$\theta_2 = \sin \alpha \sin \frac{C - A}{A} nt,$$

$$\theta_3 = \tan \lambda \sin \alpha \cos \frac{C - A}{A} nt.$$

Further the variation of latitude is

$$\delta\lambda = \sin \alpha \sin \frac{C - A}{A} nt.$$

Since in our figure the angle

$$\text{ACR is } \frac{1}{2} \pi - \varphi_0 \text{ or } \frac{1}{2} \pi + \frac{C - A}{A} nt,$$

it follows from the approximate treatment of the spherical triangle C'CP or ICP that the angle $\delta\chi$ between the astronomical and geographical meridians at the point P is given by

$$\delta\chi = \frac{\sin \alpha}{\cos \lambda} \cos \frac{C - A}{A} nt \quad (*).$$

(*) The following are the rigorous formulæ for $\delta\lambda$ and $\delta\chi$:

$$\sin(\lambda + \delta\lambda) = \sin \lambda \cos \alpha - \cos \lambda \sin \alpha \sin \varphi_0,$$

$$\tan \delta\chi = \frac{\tan \alpha \cos \varphi_0}{\cos \lambda + \tan \alpha \sin \lambda \sin \varphi_0}.$$

Having obtained these results, we are in a position to introduce the axes $X_0 Y_0 Z_0$.

Let us suppose that the position of ABC is defined with reference to the ecliptic by the Eulerian angles θ, φ, ψ . The same figure will serve again with θ, φ, ψ occupying the positions of $\theta_0, \varphi_0, \psi_0$ respectively. $X_0 Y_0$, which replaces XY, will be the ecliptic, and X_0 is the first point of Aries. The angle θ being the obliquity of the ecliptic will no longer be small as was θ_0 .

If $\theta + \delta\theta, \varphi + \delta\varphi, \psi + \delta\psi$ are the Eulerian angles defining A' B' C' with respect to X_0, Y_0, Z_0 , we require to find $\delta\theta, \delta\varphi, \delta\psi$.

They may be determined at once by exactly the same method as that by which the geometrical equations are obtained connecting the rates of change of the Eulerian angles with the angular velocities p, q, r . We have merely to replace velocities by displacements and thus obtain

$$\begin{aligned}\delta\theta &= -\theta_1 \cos \varphi + \theta_2 \sin \varphi, \\ \sin \theta \delta\psi &= -\theta_1 \sin \varphi - \theta_2 \cos \varphi, \\ \delta\varphi + \cos \theta \delta\psi &= \theta_3.\end{aligned}$$

We have also the geometrical equations

$$\begin{aligned}\frac{d\theta}{dt} &= -p \cos \varphi + q \sin \varphi, \\ \sin \theta \frac{d\psi}{dt} &= -p \sin \varphi - q \cos \varphi, \\ \frac{d\varphi}{dt} + \cos \theta \frac{d\psi}{dt} &= r.\end{aligned}$$

Then substituting for $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ and p, q, r their values, with $\sin \alpha$ for $\tan \alpha$ as is permissible, we have

$$\begin{aligned}\delta\theta &= -\sin \alpha \cos \left(\varphi + \frac{C-A}{A} nt \right), \\ \sin \theta \delta\psi &= -\sin \alpha \sin \left(\varphi + \frac{C-A}{A} nt \right), \\ \delta\varphi + \cos \theta \delta\psi &= \tan \lambda \sin \alpha \cos \frac{C-A}{A} nt, \\ \frac{d\theta}{dt} &= -n \sin \alpha \sin \left(\varphi + \frac{C-A}{A} nt \right), \\ \sin \theta \frac{d\psi}{dt} &= -n \sin \alpha \sin \left(\varphi + \frac{C-A}{A} nt \right), \\ \frac{d\varphi}{dt} + \cos \theta \frac{d\psi}{dt} &= n.\end{aligned}$$

We now differentiate the first three of these equations, and only retaining terms of the first order add them respectively to the second three. We thus obtain

$$\frac{d}{dt}(\theta + \delta\theta) = -n \sin \alpha \left(1 - \frac{d\varphi}{ndt} - \frac{C-A}{A} \right) \sin \left(\varphi + \frac{C-A}{A} nt \right),$$

$$\begin{aligned}\sin(\theta + \delta\theta) \frac{d}{dt}(\psi + \delta\psi) \\ = n \sin \alpha \left(1 - \frac{d\varphi}{ndt} - \frac{C-A}{A} \right) \cos \left(\varphi + \frac{C-A}{A} nt \right),\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{d}{dt}(\varphi + \delta\varphi) + \cos(\theta + \delta\theta) \frac{d}{dt}(\psi + \delta\psi) \\ = n - \frac{C-A}{A} n \tan \lambda \sin \alpha \sin \left\{ \frac{C-A}{A} nt \right\}.\end{aligned}$$

To the order zero θ is constant and $\frac{d\psi}{dt}$ is a quantity of the first order of small quantities, and the same is true of $\cos \theta \frac{d\psi}{dt}$. Therefore to the order zero $\frac{d\varphi}{dt} = n$, and to the same order

$$1 - \frac{d\varphi}{ndt} - \frac{C-A}{A} = - \frac{C-A}{A}.$$

Therefore to the first order of small quantities

$$\frac{d}{dt}(\theta + \delta\theta) = \frac{C-A}{A} n \sin \alpha \sin \left(\varphi + \frac{C-A}{A} nt \right),$$

$$\sin(\theta + \delta\theta) \frac{d}{dt}(\psi + \delta\psi) = - \frac{C-A}{A} n \sin \alpha \cos \left(\varphi + \frac{C-A}{A} nt \right).$$

These give the Eulerian diurnal nutations in obliquity and longitude, and as was foreseen they are excessively small.

The third equation gives the correction to the sidereal time. If h denotes the true sidereal hour-angle determined by the motion of the axes ABC,

$$\frac{dh}{dt} = \frac{d\varphi}{dt} + \cos \theta \frac{d\psi}{dt} = n.$$

Thus h increases uniformly.

If $h + \delta h$ denotes the observed sidereal hour-angle

$$\frac{d}{dt}(h + \delta h) = n - \frac{C-A}{A} n \tan \lambda \sin \alpha \sin \frac{C-A}{A} nt.$$

The correction to be applied to the observed hour-angle to find the true is $-\delta h$.

Hence by integration

$$-\delta h = -\tan \lambda \sin \alpha \cos \frac{C-A}{A} nt.$$

It is easy to verify geometrically that if the great circle IP be produced to meet the geographical equator in A'' the expression just found with its sign changed is AA''. It is pretty clear that AA'' is the excess of the observed above the true hour-angle, and therefore the correction to pass from the observed to the true hour-angle is the opposite of AA''. I have however thought it more satisfactory to give a more complete investigation.

If we attribute to α its observed value of $0''.15$ and reduce it to time, it become $0^s.01$. Therefore the correction to the observed sidereal hour-angle is

$$-0^s.01 \tan \lambda \cos \frac{C-A}{A} nt.$$

In latitude $89^\circ 26'$ the coefficient of the correction is 1^s , and in latitude $84^\circ 20'$ it is $0^s.1$. It is clear that even in the higher of these latitudes the change of length in any given sidereal day is altogether insensible.

The whole range of the amplitude of the oscillation of the astronomical about the geographical meridian is $2 \sin \alpha \sec \lambda$. Since $\sec 89^\circ 25'$ is 100, $\sec 84^\circ 15'$ is 10, $\sec 60^\circ$ is 2, we find, with α still equal to $0''.15$, the range to be $30''$ in latitude $89^\circ 25'$, $3''$ in latitude

84°20', 0''.6 in latitude 60° (that of Helsingfors), and 0''.5 in that of Cambridge.

It would seem that the difficulty of determining the meridian with accuracy must increase with the latitude, and I believe that the meridian can never be found with the same accuracy as the latitude. I presume, therefore, that for all latitudes the variations of latitude afford the better subject for analysis. But ought not astronomers to take the wandering of the pole into account when correcting the meridian of their instruments?

Les groupes cellulaires de la corne antérieure de la moelle des Sauriens (note préliminaire); par Maurice Philippon.

Waldeyer, dans son *Étude sur la moelle épinière du Gorille et de l'enfant*, décrit un certain nombre de groupes de cellules qu'il observait sur les coupes transversales de la moelle. Kaiser reprit l'étude de ces groupes et leur attribua une très grande importance au point de vue fonctionnel. De nombreuses recherches, dues en grande partie à Van Gehuchten et à Sano, ont paru démontrer que l'on pouvait localiser dans chacun de ces groupes, ou plutôt dans chacune des colonnes dont les groupes représentent la section, l'innervation de muscles déterminés.

Krause et Philippon montrèrent que, chez le Lapin, les fibres nerveuses, issues des différents groupes cellu-

lares, se redistribuent avant de sortir de la substance grise et que les faisceaux de neurites ainsi constitués se composent de fibres provenant de groupes cellulaires essentiellement différents. Cette observation histologique ne cadre pas avec la théorie des localisations énoncée plus haut.

Nous avons pensé qu'il serait intéressant d'étudier ces questions au point de vue, jusqu'ici négligé, de l'anatomie comparée et de l'embryologie. Les travaux publiés dans ces domaines ne donnent aucun renseignement, ou très peu, au sujet des groupes cellulaires de la moelle.

Nous avons étudié le Lézard et l'Orvet. De ces deux Sauriens, très voisins, le Lézard possède des pattes bien développées; l'Orvet, au contraire, est apode et se meut par reptation. Néanmoins, tout au début de son développement embryonnaire, l'Orvet présente des rudiments de membres antérieurs.

Dans la moelle du Lézard, les renflements cervicaux et lombaires sont bien développés. La surface de la section de la moelle dorsale est d'un tiers plus petite que celle de la moelle cervicale; la surface de la substance grise est réduite de moitié. Le tableau de mesures annexé donne les chiffres correspondants.

Les sections de la moelle présentent les mêmes différences que chez les Mammifères. Les cellules se laissent aisément partager en groupes distincts dans la moelle cervicale et lombaire. Nous y retrouvons les groupes latéraux antérieurs, moyens et postérieurs (fig. 1 : *c. l. a.*, *c. l. m.*, *c. l. p.*), les cellules médiales (*c. m.*), les cellules intermédiaires (*c. i.*) et centrales (*c. c.*). Dans toute l'étendue de la moelle dorsale, au contraire, l'aspect,

comme chez les Mammifères, est bien différent : nous ne retrouvons plus de groupes cellulaires (fig. 2).



FIG. 1. — Coupe de la moelle cervicale de *Lacerta agilis*. *c. l. a.* cellules latérales antérieures; *c. l. m.* cellules latérales moyennes; *c. l. p.* cellules latérales postérieures; *c. m.* cellules médiales; *c. i.* cellules intermédiaires; *c. c.* cellules centrales.



FIG. 2. — Coupe de la moelle dorsale de *Lacerta agilis*.

La moelle de l'Orvet ne possède pas de renflements cervical ou lombaire. Dans toute sa longueur, la moelle a sensiblement le même diamètre. Les surfaces sont à peu près pareilles et les faibles différences renseignées sur le tableau devraient être confirmées par un très grand nombre d'observations pour avoir quelque valeur.

Tous les dessins ont été faits à la chambre claire sous un grossissement de 120.

Quant à la distribution des cellules, il est impossible de trouver une différence entre la moelle cervicale et la moelle lombaire, d'une part, et la moelle dorsale, d'autre part. Bien que Schaffer décrive trois groupes de cellules dans l'Orvet, nous ne pouvons nous rallier à sa manière de voir, d'autant moins qu'il ne donne pas de figure démontrant la présence de ces groupes. Il nous semble qu'il est impossible de séparer les cellules médullaires de l'Orvet en groupes naturels (fig. 3 et 4).



FIG. 3. — Coupe de la moelle cervicale d'*Anguis fragilis*.



FIG. 4. — Coupe de la moelle dorsale d'*Anguis fragilis*.

Les observations que nous avons faites chez les Sauriens adultes nous ont donc démontré que la présence des renflements cervicaux et lombaires, aussi bien que celle des groupes cellulaires qui caractérisent ces renflements, sont intimement liées à l'existence des membres.

Nous nous proposons d'étendre ces recherches et d'étudier l'apparition des renflements médullaires dans les larves des Batraciens lors de l'apparition des membres et du changement de locomotion. Nous comptons également étudier les Batraciens tels que *Proteus angui-*

neus et *Amphiume means*, chez lesquels les pattes sont en voie de régression.

MESURES.	LÉZARD.		ORVET.	
	Cervicale.	Dorsale.	Cervicale.	Dorsale.
	mm.	mm.	mm.	mm.
Diamètre transversal de la moelle	4,00	0,66	0,60	0,66
Hauteur de la moelle	0,75	0,60	0,46	0,37
Base de la corne antérieure . .	0,25	0,125	0,15	0,15
Hauteur de la corne antérieure.	0,20	0,16	0,11	0,12
Surface de la moelle	0,60	0,40	0,24	0,20
Surface de la substance grise .	0,16	0,08	0,066	0,056

BIBLIOGRAPHIE.

1. WALDEYER, *Das Gorilla Rückenmark* (ABH. DER KÖN. AKAD. DER WISS. ZU BERLIN, 1888).

2. KAISER, *Die Functionen der Ganglienzellen des Halsmarkes* (Gekrönte Preisschrift. Haag, 1891).

3. SCHAFFER, *Vergleichende anatomische Untersuchungen über Rückenmarksfaserung* (ARCH. FÜR MIKR. ANAT., Bd XXXVI, 1891).

4. SANO, *Les localisations des fonctions motrices de la moelle épinière* (ANN. DE LA SOC. MÉD.-CHIRURG. D'ANVERS, 1898).

5 VAN GEUCHTEN et DE NEEF, *Les noyaux moteurs de la moelle lombo-sacrée chez l'homme* (NÉVRAXE, vol. I, fasc. 2, 1900).

6. KRAUSE et PHILIPPSON, *Recherches sur la corne antérieure de la moelle du Lapin* (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE [Classe des sciences], n° 11, 1900).

7. KRAUSE ET PHILIPPSON, *Untersuchungen über das Centralnervensystem des Kaninchens* (ARCH. FÜR MIKR. ANAT., Bd LVII, 1901).

Institut de physiologie de l'Université libre de Bruxelles,
6 novembre 1902.

OUVRAGES PRÉSENTÉS.

Folie (F.). Trente-cinq années de travaux mathématiques et astronomiques. Rome, 1902; extr. gr. in-8° (62 p.).

Masoin (Paul) et Meeus (Frans). Une page d'histoire de la médecine. Notes et documents sur le Gheel ancien. Gand, 1902; extr. in-8° (17 p.).

Barone (G.). La grande pluie météorique de novembre 1899. Bruxelles, 1902; in-4° (66 p. et 8 cartes).

Zunz (Le Dr E.). Sur la digestion de la viande. Bruxelles, 1902; extr. in-8° (4 p.).

— Sur la digestion peptique des substances albuminoïdes. Bruxelles, 1902; extr. in-8° (26 p.).

— Ueber die Verdauung und Resorption der Eiweisskörper im Magen und im Anfangsteil des Dünndarmes. Brunswick, 1902; extr. in-8° (26 p.).

Prinz (W.). Notice jointe à l'édition française des profils représentant la genèse et la structure de l'écorce solide du globe du Dr Alphonse Stübel. Leipzig, 1903; in-4° (6 p. et 1 tableau).

Monier (Marcel). Contribution à l'étude de la chimie et de la physiologie du sang de la glande thyroïde et de la peptone. Anvers, 1902; extr. in-8° (11 p.).

BRUXELLES. *Société royale malacologique*. Annales, tome XXXVI, 1901.

— *Société d'anthropologie*. Bulletins et mémoires, tome XIX, 1900-1901.

LIÈGE. *Société royale des sciences*. Mémoires, 3^e série, tome IV, 1902.

GAND. *Archives de biologie*. (Ed. Van Beneden et Ch. Van Bambeke), tome XVIII; t. XIX, fasc. 1-2, 1901-1902.

ALLEMAGNE ET AUTRICHE.

Hellmann (G.). Regenkarte der Provinz Westfalen sowie von Waldeck, Schaumburg-Lippe, Lippe-Detmold und dem Kreis Rinteln. Mit erläuterndem Text und Tabellen. Berlin, 1903; in-8° (29 p.).

BERLIN. *Kön. preuss. geodätisches Institut*. Lotabweichungen, Heft II, 1902; in-4°.

INNSBRUCK. *Ferdinandeum*. Zeitschrift, 46. Heft.

HAMBOURG. *Naturwissenschaftlicher Verein*. Abhandlungen, Bd XVII, 1902; in-4°.

WIESBADEN. *Nassauischer Verein für Naturkunde*. Jahrbücher, 1902.

FRANCE.

Lachiche (Hugues). Un seul champignon sur le globe !
Port-Louis, Maurice, 1902 ; in-8° (24 p.).

Anglas (J.). Les phénomènes des métamorphoses internes. Paris, 1902 ; in-8° (83 p.).

Lévaditi (C.). Le leucocyte et ses granulations. Paris, 1902 ; in-8° (159 p.).

—

ITALIE.

Cocchi (Igino). La Finlandia. Ricordi e studi. Florence, 1902 ; in-8° (XI-330 p.).



BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1903. — N° 2.

CLASSE DES SCIENCES.

Séance du 7 février 1903.

M. P. MANSION, directeur, président de l'Académie.

M. le chevalier EDMOND MARCHAL, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. L. Fredericq, *vice-directeur* ; Éd. Van Beneden, C. Malaise, J. De Tilly, Ch. Van Bambeke, Alfr. Gilkinet, G. Van der Mensbrugghe, W. Spring, Louis Henry, P. De Heen, C. Le Paige, J. Deruyts, J. Neuberg, A. Lancaster, L. Errera, Julien Fraipont, *membres* ; G. Cesàro, P. Francotte, Paul Pelse-neer, J. Massau et Aug. Lameere, *correspondants*.

MM. Dewalque, Folie et Lagrange écrivent pour motiver leur absence.

CORRESPONDANCE.

M. Ch.-J. de la Vallée Poussin écrit pour remercier la Classe des sciences des sentiments d'intérêt et d'estime, dont M. le Secrétaire s'est fait l'interprète à l'occasion de la maladie de son père. Il remercie également pour les vœux que la Classe a exprimés au sujet de son rétablissement, en émettant l'espoir qu'il se réalisera bientôt.

— MM. Poincaré, Duhem, Flemming et Pflüger remercient pour leur diplôme d'associé.

— Le Comité spécial qui s'est constitué à Rome pour célébrer le vingt-cinquième anniversaire de la mort du R. P. Angelo Secchi, directeur de l'Observatoire pontifical, demande à la Classe de bien vouloir s'associer à cette manifestation en l'honneur de l'un des plus illustres associés de l'Académie.

La Classe sera représentée en cette circonstance par M. Folie, membre de la Section des sciences mathématiques et physiques.

— M. le Secrétaire perpétuel présente l'*Annuaire* de l'Académie pour 1903.

— M. le Ministre de l'Intérieur envoie, pour la bibliothèque, les livraisons 337 à 340 de la *Flora Batava*. — Remerciements.

— M. le Secrétaire perpétuel présente, de la part du R. P. Ehrle, préfet de la Bibliothèque du Vatican, le volume VI des *Publications de l'Observatoire du Vatican*.

— Remerciements.

— Hommages d'ouvrages :

1° *Étude de quelques surfaces algébriques engendrées par des courbes du second et du troisième ordre*; dissertation inaugurale pour l'obtention du grade de docteur spécial, par M. Stuyvaert (présenté par M. Mansion, avec une note qui figure ci-après);

2° *Sur la composition chimique des poussières volcaniques de la Martinique*; par H. Gillot (présenté par M. Malaise);

3° *Plantae Laurentianae ou Énumération des plantes récoltées au Congo en 1895-1896* par Émile Laurent; par Ém. De Wildeman;

4° *Icones selectae horti Thenensis*, tome III; avec les descriptions et annotations par Émile de Wildeman (offert par M. le baron Léon Van den Bossche);

5° *Paedologisch Jaarboek*, 3° en 4° jaargang; par M.-C. Schuyten (présenté par M. Ch. Van Bambeke, avec une note qui figure ci-après).

— Travail manuscrit renvoyé à l'examen :

Sur la fonction $\log \Gamma(a)$; par J. Beaupain, ingénieur principal au Corps des mines. — Commissaires : MM. Ch.-J. de la Vallée Poussin, Mansion et Deruyts.

NOTES BIBLIOGRAPHIQUES.

Étude de quelques surfaces algébriques engendrées par des courbes du second et du troisième ordre; par M. Stuyvaert.

Ce mémoire a été présenté par l'auteur à la Faculté des sciences de l'Université de Gand, comme dissertation inaugurale pour l'obtention du grade de docteur spécial en géométrie.

On peut le regarder comme faisant suite à la théorie des surfaces réglées algébriques, puisque l'auteur y considère, au lieu de génératrices rectilignes, des génératrices planes ou gauches d'ordre supérieur, savoir des coniques et des cubiques.

Dans le chapitre I^{er}, M. Stuyvaert étudie les plans coupant un système de lignes de l'espace en six points d'une conique, par une méthode simple et originale. Dans le second, il cherche les propriétés de la surface S_8 engendrée par les coniques situées dans les plans d'un faisceau et reposant sur cinq droites indépendantes; celles de S_4 , où les coniques reposent sur trois droites et passent par deux points, etc. Dans le chapitre III, il considère une gerbe de cubiques gauches ayant en commun deux points et trois bisécantes; elle contient, comme cas particulier, celles de Reye et de Sturm. Ce chapitre, où l'auteur a su utiliser d'une manière habile des notations symboliques, mérite de fixer l'attention des géomètres, comme d'ailleurs tout l'ensemble de son travail.

P. MANSION.

J'ai l'honneur d'offrir à la Classe, au nom de M. le professeur Schuyten, directeur du service scolaire pédologique et du laboratoire pédologique communal de la ville d'Anvers, les troisième et quatrième années du *Paedologisch Jaarboek*, dont il est le rédacteur. C'est un volume d'environ cinq cents pages; la première moitié renferme des travaux originaux, la seconde est consacrée, en grande partie, à une revue bibliographique.

Voici les titres de quelques travaux originaux :

a) *Les écoliers de parents anversois aisés sont-ils musculairement plus forts que ceux de parents pauvres?* b) *Les variations de la force musculaire et le développement intellectuel des élèves*; c) *Rapport entre la classe occupée et l'âge de l'écolier*; d) *Essai d'analyse infantile complète*; e) *Sur les variations de la mémoire des écoliers*.

Dans la revue bibliographique, nous trouvons notamment l'analyse de travaux ressortissant à l'anthropométrie, à la physiologie, à la psychologie, à l'hygiène, à l'éducation normale, à l'éducation anormale, à la pathologie.

Comme l'a dit le Dr Victor Desguin, en rendant compte du premier volume de l'annuaire : « La science éducative tend de plus en plus à prendre pour base des données positives, c'est-à-dire la connaissance scientifique de l'activité tant physique qu'intellectuelle de l'enfant. Les méthodes d'enseignement doivent être fondées sur les découvertes modernes, si importantes, de la psychologie et de la physiologie. La science éducative est donc entrée dans la période expérimentale et prendra rang, peu à peu, parmi les sciences exactes. »

Pour ces motifs, les recherches auxquelles se livre, depuis plusieurs années déjà, le Dr Schuyten méritent

de fixer l'attention de tous ceux qui comprennent l'importance de l'enseignement public et se préoccupent des progrès de cet enseignement.

CH. VAN BAMBEKE.

RAPPORTS.

Solution complète du problème de l'équilibre d'un corps solide rigide ayant deux points fixes (Méthode élémentaire); par Eug. Ferron.

Rapport de M. Ch. Lagrange, premier commissaire.

« Dans mon premier rapport (1), j'ai montré que l'erreur de la démonstration de M. Ferron vient de ce qu'il a transporté une force en un point considéré dès l'abord comme fixe, et de ce que le principe du transport n'est légitime que si le corps est d'abord considéré comme libre.

Dans le travail actuel, M. Ferron :

1° Commence par reconnaître qu'il faut, en effet, pour le transport, que le corps soit libre; mais

2° Fait exception pour le transport d'une force aux points fixes d'un corps doué de deux semblables points (cette exception est, en effet, la condition *sine qua non* de sa démonstration).

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), n^{os} 9-10, 1901, p. 513.

Par son 1^o, M. Ferron réfute le rapport de M. Le Paige, qui a transporté sur sa propre ligne d'action la force Z , parallèle à l'axe des points fixes O, O' ; et, par son 2^o, il réfute mon rapport. Car, dit-il, on peut toujours transporter une force en un point fixe, puisque cela ne change rien à l'état d'équilibre ou de mouvement du corps. Mais M. Ferron confond ici *application* avec *transport*, et ne voit pas que la raison qu'il invoque est précisément ce qui lui donne tort : On peut appliquer une force quelconque au point fixe, mais, comme alors elle est détruite identiquement par la résistance du point, la composition de force qui constitue le principe du transport n'a plus lieu, et celui-ci devient illusoire.

En résumé, M. Ferron, dans sa réfutation, s'est chargé lui-même de mettre encore plus en évidence l'erreur de sa démonstration, et je ne puis donc que proposer le dépôt de ce nouveau travail aux archives. »

Rapport de M. J. Massau, second commissaire.

« Dans son nouveau travail, M. Ferron croit éviter l'objection de M. Le Paige en affirmant, sans démonstration, que les forces ne peuvent être transportées sur leurs lignes d'action que lorsque ces dernières passent par l'un des deux points fixes. Pour obtenir des valeurs uniques des réactions, l'auteur est donc obligé d'exclure, sans raison, toutes les transformations qui conduisent à d'autres résultats; c'est, en réalité, démontrer que le problème est indéterminé.

Cette indétermination tient à ce que les liaisons sont

surabondantes ou mal définies. En fixant le premier point, on force déjà le second point à rester sur une surface sphérique. Pour assurer l'immobilité de ce second point, il suffit de l'assujettir à se trouver sur une ligne coupant la surface sphérique. En choisissant convenablement cette ligne, on peut rendre inévitable et déterminée chacune des solutions que M. Ferron prétend exclure.

Pour ces motifs, je me rallie à la proposition de déposer le nouveau travail de M. Ferron aux archives. »

Conformément aux conclusions des rapports de MM. Lagrange et Massau, la Classe décide le dépôt aux archives du travail de M. Ferron.



Sur une émeraude étoilée de Muso ;
notice par W. Prinz.

Rapport de M. A. Renard, premier commissaire.

« M. Prinz présente à l'Académie une notice sur une émeraude étoilée de Muso (Nouvelle-Grenade). Cette pierre, taillée en cabochon, est divisée en six secteurs rectilignes irradiant d'un noyau central offrant l'aspect d'une pyramide hexagonale aiguë. L'auteur décrit sommairement les propriétés optiques et physiques ainsi que les inclusions de cet échantillon. J'ai l'honneur de proposer à la Classe d'insérer dans le *Bulletin* la notice de M. Prinz avec les dessins qui l'accompagnent. Je dois faire remarquer toutefois que presque toutes les particularités signa-

lées par l'auteur ont été déjà observées par E. Bertrand sur une quarantaine de cristaux de la même provenance (1). »

La Classe a adopté les conclusions de ce rapport, auxquelles M. G. Cesàro a souscrit comme second commissaire.

*Recherches algésimétriques; par M^{lles} J. Ioteyko
et M. Stefanowska.*

Rapport de M. Vanlair, premier commissaire.

« L'objet principal du travail de M^{lles} Ioteyko et Stefanowska, auxquelles on doit déjà d'intéressantes communications sur le fonctionnement de l'appareil neuromusculaire, est une étude tropométrique de la douleur.

Comme l'ont fait Van Biervliet pour les impressions tactiles, auditives et visuelles, Toulouse et Vaschide pour l'excitabilité olfactive, les auteurs ont comparé l'un à l'autre les deux côtés du corps au point de vue des sensations algésiques. Leurs recherches ont abouti à ce résultat — tout à fait singulier — que le côté gauche est plus impressionnable à la douleur, alors qu'on observe le contraire, au moins chez les droitiers, pour toutes les autres sensations. Chose non moins remarquable, la différence ainsi inversée se traduit par les mêmes chiffres.

Les observations ont été faites au moyen de l'algo-mètre de Chéron, le moins imparfait de tous, en appli-

(1) *Bull. de la Soc. franç. de minéralogie*, 1879, t. II, p. 31.

quant l'instrument sur la région inféro-cubitale de l'avant-bras. Et le nombre considérable des essais, le soin avec lequel ils ont été institués ne permettent point de mettre en doute la valeur des conclusions qu'en ont tirées les auteurs.

Quelques expériences complémentaires contribuent encore à l'intérêt du travail : celles qui concernent entre autres l'inégalité du sens dolorifique dans les deux sexes et l'influence analgésique exercée par la fatigue intellectuelle, l'inanition, le froid, l'application sur la peau de certains agents médicamenteux.

Mais la démonstration expérimentale de la prépondérance du côté gauche à l'égard de l'impressionnabilité douloureuse — entrevue seulement par Mac Donald et Carman — suffirait à elle seule pour justifier l'insertion du mémoire dans le *Bulletin* de la Compagnie. »

Rapport de M. Léon Fredericq, second commissaire.

« Van Biervliet avait trouvé que chez les droitiers, le côté droit du corps l'emporte (d'un dixième environ) sur le côté gauche, au point de vue des sensibilités tactile, visuelle et auditive, tandis que chez les gauchers, la prédominance sensorielle se montre à gauche. Ici aussi la différence serait d'un dixième.

Les auteurs du travail soumis à notre appréciation ont constaté que chez la grande majorité des sujets examinés (47 sur 50), la sensibilité à la douleur, mesurée à l'avant-bras au moyen de l'algésimètre de Chéron, est plus développée (d'un dixième environ) à gauche qu'à droite. Il n'y a pas ici de différence entre gauchers et droitiers.

Le travail contient encore une série de recherches de moindre importance, concernant les différentes influences qui peuvent agir sur le sens de la douleur.

Je ne puis que féliciter les auteurs de la persévérance et du soin avec lesquels elles ont exécuté leurs nombreuses expériences. Les résultats auxquels elles sont arrivées sont tout à fait inattendus. Aussi, je n'hésite pas à proposer à la Classe de leur voter des remerciements et d'insérer leur intéressant travail dans le *Bulletin* de la séance. »

Les conclusions de ces rapports ont été adoptées.

COMMUNICATIONS ET LECTURES.

La Gæthite; par G. Cesàro, correspondant de l'Académie, et A. Abraham, docteur en sciences minérales.

Les propriétés optiques de la gæthite sont peu connues et les indications données par les auteurs sont contradictoires; ainsi, nulle part nous ne trouvons indiqué le polychroïsme si net dont jouit cet hydroxyde de fer; en outre, tandis que Dana indique, d'après Palla, que la bissectrice aiguë, normale au clivage facile $g^1 = 010$, est *positive* et que le plan des axes optiques est parallèle à $p = 001$, Michel-Lévy et Lacroix (*) émettent un doute

(*) *Les minéraux des roches.*

sur le signe de la bissectrice et donnent $h^1 = 100$ comme plan des axes optiques habituel. En réalité, le plan des A. O. est bien p , mais la bissectrice aiguë, qui est bien normale au clivage facile g^1 , est *négative*. D'autre part, à notre connaissance, on n'a décrit dans la goëthite que les cristaux proprement dits; nous n'avons pu rencontrer dans aucun traité l'étude des belles lamelles rouges de *Rubinglimmer* qui se trouvent à Siegen dans une géode quartzeuse tapissée d'hématite noire, ni celle des fines aiguilles formant comme un tapis velouté sur des rhomboédres de calcite à Przibram, variété de goëthite que les Allemands nomment *Sammtblende*.

Ce sont ces différents points que nous étudions dans le présent travail. En outre, on y trouvera la description d'un échantillon de provenance inconnue, présentant le nouveau prisme

$$h^6 = 750,$$

développé en petits biseaux brillants dans tous les cristaux; ceux-ci sont aplatis suivant $g^1 = 010$ et allongés suivant l'horizontale de ce plan.

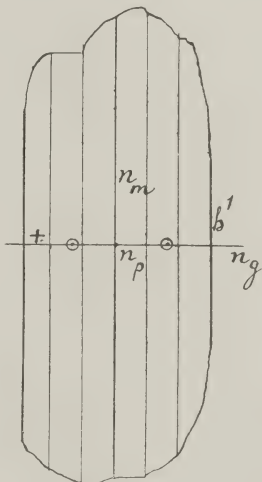
Nous avons cherché à vérifier les dimensions du prisme primitif, données par Dana d'après Phillips, en employant un petit cristal du Cornouailles dont les faces terminales donnaient des images d'une netteté parfaite, ce qui est très rare dans la goëthite, et en déterminant ces dimensions sans nous servir d'une donnée prise dans la zone verticale, zone dans laquelle les faces sont toujours striées et jamais bien nettes. Le résultat est assez concordant avec celui de Phillips : dans le prisme primitif de la goëthite, les demi-diagonales a, b de la base et la hauteur c sont très sensiblement dans le rapport :

$$a : b : c = 9 : 10 : 6.$$

Enfin, dans le cours de cette étude, nous avons pu établir un point important : les limonites concrétionnées appelées par les Allemands *faseriger Brauneisenstein*, ainsi que la plupart des limonites stalactitiques, *ne sont pas des limonites*, mais bien des *goethites cristallisées*.

*
* *

PROPRIÉTÉS OPTIQUES DE LA GOETHITE. — Ces propriétés peuvent être étudiées en clivant un cristal du Cornouailles suivant $g^1 = 010$ et en amincissant la lame, si elle n'est pas déjà transparente, de manière à conserver la direction de la verticale. On obtient (fig. 1) une lame brun-rouge en lumière naturelle, avec les traces d'un second clivage $h^1 = 100$ parfaitement visible, et celles d'un clivage $p = 001$ imparfait, sur les bords horizontaux. On trouve que le P. A. O. est parallèle à p et que sa trace a le signe $+$; perpendiculairement à la lame, on aperçoit une bissectrice à axes très rapprochés, qui, d'après ce qui précède, est la *bissectrice négative* $\frac{1}{a} = n_p$ (*).



Section g^1

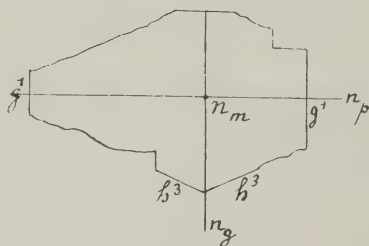
FIG. 1.

(*) Les élasticités principales étant $a^2 > b^2 > c^2$, les indices principaux sont : $n_p = \frac{1}{a}$, $n_m = \frac{1}{b}$, $n_g = \frac{1}{c}$.

Le polychroïsme est très net : conformément à la loi de Babinet, lorsque la vibration du polariseur est dirigée suivant la trace du P. A. O., la teinte est plus sombre que lorsque le rayon polarisé qui traverse le cristal vibre suivant la verticale.

Lame h^1 . Dans une lame h^1 , la direction verticale sera positive et la trace du P. A. O. négative; c'est donc suivant la direction verticale, indiquée par la trace du clivage g^1 , qu'on obtiendra la teinte la plus sombre.

Lame p . La figure 2 montre une coupe horizontale : on y distingue sur les bords les clivages g^1 et h^1 ; on pouvait s'attendre à un dichroïsme plus prononcé que dans les lames précédentes, car la section elliptique a ici pour axes les indices extrêmes n_p et n_g ; effectivement, lorsque la vibration est dirigée suivant la courte diagonale, la lame devient tellement sombre qu'elle paraît s'éteindre.



Section p

FIG. 2.

On voit que l'on pourra distinguer dans les lamelles aplaties suivant un des plans de symétrie à quel plan correspond l'aplatissement : p est parallèle au P. A. O., et l'on a devant soi une lamelle g^1 ou h^1 suivant que

la teinte sombre se produit sur la trace du P. A. O. ou perpendiculairement à celle-ci. De même une telle lamelle sera allongée suivant z , quel que soit le signe de cette direction, si le P. A. O. est transversal; si, au contraire, ce plan est longitudinal, l'allongement sera x ou y suivant qu'il sera positif ou négatif (*).

Biréfringence d'une lame g^1 . — On a obtenu approximativement

$$n_g - n_m = 27 \text{ millièmes } (**).$$

*
* * *

DIFFÉRENTS TYPES DE CRISTAUX.

Les échantillons étudiés peuvent être ramenés à deux types :

Dans le premier, les cristaux sont *allongés suivant la verticale*, avec tendance à s'accoler suivant $g^1 = 010$.

Dans le second type, les cristaux sont lamellaires suivant g^1 , *allongés suivant l'horizontale* de ce plan, c'est-à-dire suivant x , simples, et terminés par des faces arrondies dans la zone parallèle à y .

(*) Michel-Lévy et Lacroix disent que les aiguilles verticales de goëthite sont toujours positives; cela n'est vrai qu'approximativement, car pour g^1 et les sections comprises entre ce plan et la section cyclique voisine, l'allongement sera négatif. Seulement, comme l'angle de ces deux plans n'est que de 13° ($2V = 26^\circ$), sur cent coupes verticales faites au hasard dans une aiguille de goëthite, on en rencontrera quatre-vingt-six à allongement positif, ce qui explique le fait observé.

(**) Cette détermination a été faite en éclairant le microscope par la lumière blanche; le résultat correspond donc aux rayons colorés transmis par la goëthite.

PREMIER TYPE. — Allongement z .

a) *Cornouailles*. — Ce sont les cristaux si connus, portant, dans la zone verticale, $h\bar{5} = 210$ prédominant avec $m = 110$ et $g^1 = 010$, terminés par le rhomboc-taèdre $b^{1/2} = 111$, tronqué par $e^1 = 011$ et quelquefois par $a^1 = 101$. Dans ces cristaux, la tendance au groupement suivant g^1 se manifeste déjà : ils sont rarement simples, et c'est à leur complexité que sont dues les stries qui affectent les faces de la zone verticale; quelquefois, on aperçoit à la loupe, sur les faces $b^{1/2}$, les traces des feuillets g^1 qui constituent le cristal.

b) *Colorado*. — Groupement radié de grands cristaux imparfaitement terminés : feuillets g^1 (fig. 3) empilés à peu près parallèlement avec g^1 pour plan de jonction;

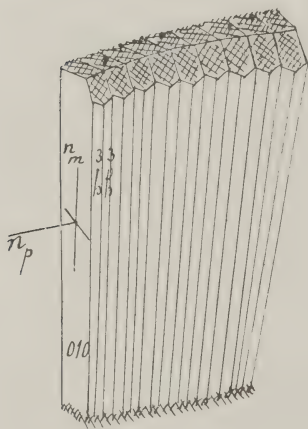


FIG. 3.

ces piles se groupent à leur tour en divergeant petit à petit autour de la normale à g^1 . Devant une vive lumière, on voit que chaque feuillet se termine sur sa tranche par un très étroit biseau vertical; dans un fragment, on a pu mesurer approximativement l'angle qu'une des faces du biseau fait avec g^1 : on a obtenu 66° , ce qui donne 48° pour l'angle du biseau, qui est donc

$h\bar{5} = 210$. L'élément du groupement de Colorado peut donc être défini : feuillet g^1 , biseauté par $h\bar{5}$ et allongé suivant la verticale.

Les groupements qui suivent sont essentiellement identiques au précédent et n'en diffèrent que par la grandeur de l'élément, qui devient de plus en plus petit.

c) *Vallée de Bousohr (Sinäi)*. Coll. univ., n° 3. — Cristaux aplatis suivant g^1 , accolés suivant ce plan; P. A. O. transversal avec trace positive; donc allongement vertical.

d) *Localité inconnue*, n° 52. — Indiqué comme *oligiste*. Masses fibro-radiées dans sidérose. P. A. O. transversal, donc allongement vertical.

e) *Ile de Wolk (Onéga)*. Coll. univ., n° 1433-13. — Fines aiguilles radiées, terminées quelquefois par une face normale à l'allongement. Le P. A. O. est transversal, de sorte que les aiguilles sont allongées suivant la verticale. Au microscope, elles paraissent identiques, quant à la forme et au mode de groupement, aux cristaux de Colorado.

f) *Sammtblende (Przibram)*. — Aiguilles microscopiques formant un tapis velouté sur des rhomboèdres $b^1 = 102$ de calcite. Au microscope, chaque aiguille paraît formée par la jonction de plusieurs lamelles longitudinales dont les plans de jonction se détachent très nettement sur le fond plus clair de l'aiguille (fig. 4) : lorsque celle-ci a été



FIG. 4.

déformée par l'action de l'instrument qui a servi à la détacher, on voit ces feuillets, encore attachés à une extrémité, se disjoindre en divergeant; on voit alors, en lumière réfléchie, briller nettement le plan de jonction, qui nous paraît être certainement le clivage facile g^1 . Le dichroïsme, très faible à cause de la petitesse des éléments, montre que la direction d'allongement est *positive*; mais, comme il nous a été impossible de préciser la position du P. A. O., on ne peut dire si l'allongement est dirigé suivant $\frac{a}{b} = n_m$ ou suivant $\frac{a}{c} = n_g$. Dans le premier cas, les aiguilles seraient allongées suivant la verticale et constitueraient la limite du groupement de Colorado; dans le second, la *Sammtblende* serait formée de feuillets allongés suivant la normale à $h^1 = 100$ et devrait être rapportée au second type.

SECOND TYPE. — *Lames g^1 ordinairement très minces et isolées, allongées suivant la normale à $h^1 = 100$.*

a) Les plus grands cristaux de ce type, correspondant aux cristaux de Cornouailles du premier, ont été rencontrés dans un échantillon de provenance inconnue, don de M. Frankignoul, candidat-ingénieur de l'Université de Liège. Ces cristaux sont implantés par une extrémité de l'axe x dans une géode de limonite, avec quelques petits cristaux de pyrite. Leur couleur est rouge sombre; leur épaisseur atteint rarement $1/2$ millimètre, leur longueur atteint parfois plusieurs millimètres. Les faces de la zone parallèle à y sont oblitérées et courbes (fig. 5 et 6); on ne peut les déterminer qu'au microscope, dans les cristaux minces ou dans les lames de clivage g^1 . Tous

les cristaux se terminent (fig. 5) par un petit biseau vertical à faces miroitantes, mais ordinairement composées comme l'indique une suture verticale qu'on y aperçoit

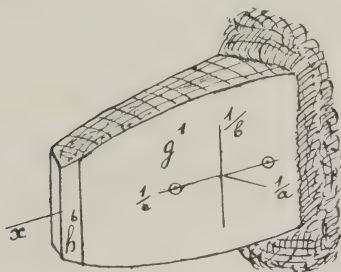


FIG. 5.

devant une vive lumière. Voici les mesures prises pour l'angle de ce biseau :

Premier cristal. — Angle approximatif : $64^{\circ}50'$ à $65^{\circ}5'$.

Deuxième cristal. — Une face donnait deux images correspondant à un degré de différence, la seconde face une image simple. On a obtenu, pour le plus grand angle : $64^{\circ}52'$, $64^{\circ}47'$, $64^{\circ}51'$.

Troisième cristal. — Images très nettes : $65^{\circ}22'$, $65^{\circ}5'$.

Cette incidence conduit à

$$h^c = 750.$$

Au premier abord, on est tenté de placer le cristal verticalement en notant le biseau e^1 , car l'angle $(011) (0\bar{1}1)$

est de 62° à 65° ; mais les propriétés optiques indiquent immédiatement la vraie orientation : la bissectrice aiguë négative est normale à la face d'aplatissement et le P. A. O. est dirigé suivant l'allongement qui est donc l'axe x (*).

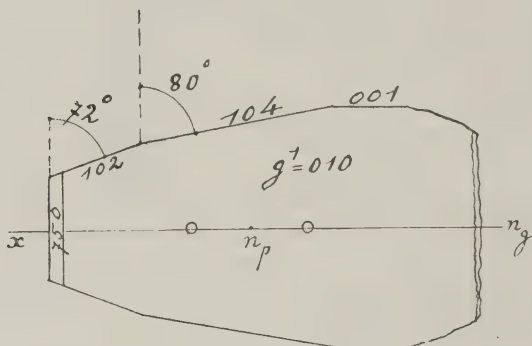


FIG. 6.

La figure 6 représente une belle lame qui a pu servir à la détermination des $a^m = 10\ m$ au microscope; d'ordinaire, le contour est arrondi et ne permet pas de détermination. Dans la lame dont il s'agit, on observe d'abord une partie rectiligne du contour faisant avec la verticale

(*) On pourrait craindre vers l'extrémité du cristal la présence d'un groupement dû à une rotation de 90° autour de la normale à 010 et qui amènerait 011 dans la position h^7 , mais nous avons constaté, à l'aide de l'oculaire Czapski et la loupe Klein, que l'orientation dans le voisinage immédiat du biseau est la même que dans le reste de la lame.

Même observation pour le *Rubinglimmer*.

un angle de 70° à 72° , puis une autre plus étendue correspondant à l'angle de 80° ; la première répond sensiblement à

$$a^2 = 102,$$

qui a été retrouvée dans les lamelles de *Rubinglimmer*; la seconde est voisine de

$$a^4 = 104.$$

b) *Rubinglimmer* (Siegen, n° 6511). — Lamelles rouges, ondulées verticalement, quelquefois à peu près carrées, ordinairement allongées horizontalement, à contour irrégulier, implantées, comme les cristaux qui précèdent, par une extrémité de l'axe x (fig. 7), l'arête rectiligne qui les termine étant la verticale. Elles montrent au microscope une bissectrice négative à axes très rapprochés; le P. A. O. est normal à l'arête rectiligne de terminaison. Le contour est ordinairement arrondi et indéterminable; cependant, près de l'arête de terminaison, on observe presque toujours deux faces courtes mais bien rectilignes faisant avec la verticale un angle de 28° . Ces faces correspondent approximativement à

$a^{4/3} = 501$. En outre, on y retrouve (fig. 8) les faces

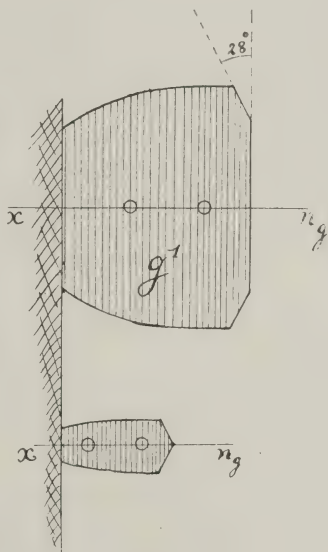


FIG. 7.

$\alpha^2 = 102$ des cristaux précédents. Lorsqu'on place sur le porte-objet, à l'aide d'une parcelle de cire, une lamelle de *Rubinglimmer*, inclinée de manière à pouvoir apercevoir sa tranche, on voit que le contour est bien formé de faces α^m , en général rectangulaires; la face 301 qui est triangulaire, indique l'existence de faces de la zone verticale au voisinage de l'arête h ; d'ailleurs, ces faces sont souvent visibles; nous avons même observé quelquefois une facette $h^1 = 100$; en outre g^1 n'est pas le vrai g^1 de clivage, mais une face ondulée verticalement, comme on l'aperçoit en faisant miroiter devant une vive lumière une lamelle déposée sur un porte-objet, et en l'examinant à la loupe; vers l'extrémité par laquelle la lame était encastree dans la géode, des éclats enlevés laissent à nu le vrai g^1 de clivage net et miroitant.

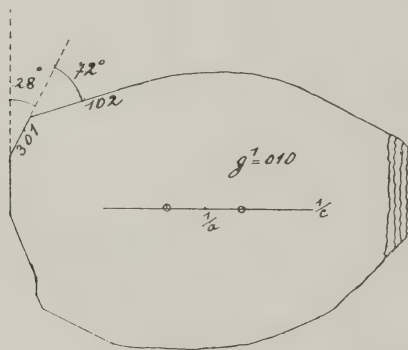


FIG. 8.

En brisant les cristaux entre deux lames de verre, on obtient souvent des fragments rectangulaires terminés

par h^1 et p , fragments qui permettent de déterminer directement le signe; le clivage $p = 001$ se produit surtout dans l'action de briser; c'est un clivage vitreux analogue au clivage 100 du gypse. Le dichroïsme est très net; la direction à teinte sombre est dirigée suivant l'horizontale n_2 .

c) *Lépidocrocite* (Nassau). — Lamelles g^1 normales à la bissectrice aiguë négative, trace du P. A. O. positive, avec traces visibles du clivage h^1 . Contours arrondis indéterminables. Identiques au *Rubinglimmer*.

d) *Groupes globulaires de lamelles de gœthite*, n° 53. — Provenance inconnue. Lamelles g^1 à contours arrondis, allongées suivant pg^1 . Identiques au *Rubinglimmer*. Une lame à faces a''' faiblement arrondies donnait, pour une ligne du contour, 66° avec la verticale: c'est $a^{s/a} = 205$. Dans les lamelles brisées, on trouve h^1 nettement dessiné, quelquefois p . Les petits cristaux, lors de la compensation par un biseau de quartz, montrent qu'il existe des faces verticales peu inclinées sur g^1 .

e) *Mont* (*Theux*). Coll. Univ., n° 583 (8). — Dans psilomélane. Groupes lamellaires radiés de couleur brun clair. Une préparation a été faite suivant le plan par lequel les lamelles adhèrent à la psilomélane; en cherchant des lamelles qui s'éteignent suivant leur longueur, on voit que le P. A. O. est dirigé suivant l'allongement, qui est positif avec direction de moindre éclaircissement. La gœthite de Mont doit donc être rapportée au second type: *lamelles 010 allongées suivant l'axe x*.

*
* * *

Oligistes écailleux nommés *Gæthites* (Coll. Univ., n° 399-14). — *Oberneisen* (*Diez*).

Ce n'est pas de la goëthite, mais de l'oligiste écailleux, en lames $a^1 = 001$ assez minces pour être colorées en rouge par transparence. Ces lamelles, non dichroïques, s'éteignent dans tous les azimuts entre les nicols croisés et montrent quelquefois la forme hexagonale régulière.

*
* * *

DIMENSIONS DU PRISME PRIMITIF DE LA GOETHITE.

Phillips (voir Dana, p. 247), en partant de

$$h^3 h^3 = (210) (\bar{2}\bar{1}0) = 49^\circ 20'$$

$$e^4 e^4 = (011) (0\bar{1}\bar{1}) = 62^\circ 30',$$

obtient pour les demi-diagonales et la hauteur du prisme,

$$a : b : c = 0,9185 : 1 : 0,6068.$$

Les mesures que nous avons prises nous portent à croire que les valeurs de a et c doivent être un peu diminuées :

1) Dans un cristal portant des faces h^3 simples, assez nettes pour permettre des mesures avec mires éloignées, nous avons obtenu

$$h^3 h^3 = 48^\circ 55',5,$$

beaucoup d'exactitude; les résultats consignés ci-dessous ont été obtenus en plusieurs fois, après déplacement du cristal :

$$(111)(\bar{1}\bar{1}) = 2\alpha = 53^{\circ}5' (1 \ 1.0.0.1.1.\bar{5} \ 4.\bar{3}.\bar{1}) (*)$$

$$(111)(0\bar{1}1) = \beta = 66^{\circ}2' (\bar{3}.0.2)$$

$$(\bar{1}\bar{1}1)(0\bar{1}1) = \gamma = 29^{\circ}40' (\bar{1}.\bar{1}.2.\bar{2}.\bar{3}).$$

Pour le calcul des paramètres, on peut prendre deux de ces angles comme données de départ; mais entre ces incidences il n'existe pas, en admettant la symétrie orthorhombique, le degré de concordance auquel on pourrait s'attendre étant donné le degré d'exactitude dont les mesures sont susceptibles. En désignant par ψ l'angle $pe^1 = (001)(011)$, on a

$$\left. \begin{aligned} \sin \psi &= \frac{\sin \alpha}{\cos \gamma} \\ \cos \beta &= \cos 2\psi \cdot \cos \gamma \end{aligned} \right\} . \quad (1)$$

puis, par l'élimination de ψ ,

$$\sin^2 \alpha = \cos \gamma \sin \frac{\beta + \gamma}{2} \sin \frac{\beta - \gamma}{2}. \quad (2)$$

(*) Les nombres entre parenthèses indiquent, en minutes, les écarts avec la moyenne des différentes mesures effectuées.

On peut, à l'aide de ces formules, en se donnant deux angles mesurés, en déduire le troisième :

a) *Données* β, γ . L'équation (2) donne

$$2\alpha = 55^{\circ}16',5. \quad \text{Écart : } 11',5.$$

b) *Données* α, β . Les équations (1) donnent

$$2\psi = 62^{\circ}5'27'', \quad \text{puis} \quad \gamma = 29^{\circ}54'. \quad \text{Écart : } 14'.$$

c) *Données* α, γ . On obtient

$$2\psi = 61^{\circ}53'44'',5, \quad \text{puis} \quad \beta = 65^{\circ}50'. \quad \text{Écart : } 12'.$$

On voit qu'il est à peu près indifférent de partir de tel ou tel couple d'incidences. On pourrait choisir l'ensemble qui donne une meilleure concordance avec les autres angles mesurés, mais ce moyen nous semble arbitraire, étant donné que ces dernières mesures n'ont pas un degré suffisant d'exactitude. Le mieux, nous semble-t-il, est d'adopter les moyennes des paramètres obtenus dans les trois calculs :

Données : →	$\beta = 66^{\circ}2'$ $\gamma = 29^{\circ}40'$	$2\alpha = 53^{\circ}5'$ $\beta = 66^{\circ}2'$	$2\alpha = 53^{\circ}5'$ $\gamma = 29^{\circ}40'$
044.014	$62^{\circ}7'44''$	$62^{\circ}3'27''$	$61^{\circ}53'44'',5$
<i>a</i>	0,90587	0,89635	0,90284
<i>c</i>	0,60239	0,60154	0,59962
h^5h^3	$48^{\circ}44'$	$48^{\circ}17'$	$48^{\circ}35',5$
h^6h^6	$65^{\circ}48',5$	$65^{\circ}15',5$	$65^{\circ}38'$
<i>mm</i>	$84^{\circ}20',5$	$83^{\circ}44',5$	$84^{\circ}9'$

En définitive, on voit que les angles de la goëthite ne concordent pas bien avec la symétrie orthorhombique (*); on peut conserver celle-ci, en diminuant un peu les paramètres a et c de Phillips, mais il est inutile de chercher une trop grande approximation : la relation

$$a : b : c = 0,9 : 1 : 0,6$$

donne des résultats suffisamment approchés.

(*) Les mesures prises sur les autres faces paraissent indiquer une légère inégalité d'inclinaison sur e^1 des faces $b^{\frac{1}{2}}$ antérieures et postérieures; ainsi (fig. 9)

$$\overline{111}.0\overline{11} = 111.011 = 29^{\circ}40'$$

$$\overline{111}.0\overline{11} = \overline{111}.011 = 29^{\circ}11' \text{ à } 29^{\circ}24',$$

de manière que le cristal, symétrique par rapport à $g^1 = 010$, serait légèrement incliné vers le spectateur; mais il n'est pas possible de conclure, étant donné le peu d'exactitude dont sont susceptibles les dernières mesures. Palla a déjà indiqué la symétrie clinorhombique (voir Dana, p. 248) : si l'inclinaison qu'il a constatée est dans le même sens que celle indiquée par les mesures ci-dessus, c'est-à-dire si le clivage facile est le plan de symétrie de son prisme, nos observations viennent corroborer les siennes.

*
* * *

HYDROXYDES DE FER CLASSÉS ERRONÉMENT PARMI LES LIMONITES.

a) *Faseriger Brauneisenstein. Siegen.* — C'est de la *gæthite cristallisée* : au microscope, translucide, dichroïque; en choisissant une fibre suffisamment mince, on peut déterminer le signe de l'allongement, qui est positif.

b) *Krummfaserig Brauneisenstein. Horhausen.* — Nettement cristalline. Extinction suivant l'allongement, qui est positif; dichroïsme faible, mais encore sensible.

c) *Hématite. Bilbao.* — Formée de deux parties. La partie superficielle est noire, lustrée, comme boursouflée, se détachant, par la percussion, en fragments polyédriques irréguliers; cette partie est amorphe. — La partie sous-jacente est fibro-radiée, brunâtre, nettement cristalline, et doit être rapportée à la *gæthite*.

d) *Limonite stalactitique.* — Lustrée, noire superficiellement; dans la cassure, on voit qu'elle est formée d'aiguilles normales à l'axe de la stalactite. Au microscope : dichroïque, allongement des aiguilles positif; elle paraît peu pure, mélangée de grains opaques très nombreux.

*
* * *

Les faits ébauchés dans le paragraphe qui précède, et les observations qui vont suivre, montrent que l'étude des hydroxydes de fer doit être refaite.

On admet actuellement l'existence de *quatre hydroxydes*, qui sont :

		Eau o/o.	Dureté.	Densité.
Turgite	$\text{Fe}^2\text{O}^3, \frac{1}{2}\text{H}^2\text{O}$	5,33	5 à 6	4,29 à 4,49 4,68 4,14
Gœthite	$\text{Fe}^2\text{O}^3, \text{H}^2\text{O}$	10,11	5 à 5,5	4,37
Limonite. . . .	$\text{Fe}^2\text{O}^3, \frac{3}{2}\text{H}^2\text{O}$	14,44	5 à 5,5	3,6 à 4
Xanthosidérite. .	$\text{Fe}^2\text{O}^3, 2\text{H}^2\text{O}$	18,37	2,5	—

Les auteurs ne disent pas si la *turgite* et la *xanthosidérite* sont cristallisées ou amorphes. Dana paraît indiquer la supériorité de la dureté de la turgite comme un moyen de distinction avec la limonite; le tableau ci-dessus montre que ce moyen n'est pas probant; quant à la densité, on voit qu'elle varie entre 4,14 et 4,68, d'après les expérimentateurs et les localités. Les déterminations basées sur la teneur en eau ne seront valables que si elles sont exécutées sur de la matière triée au microscope; ainsi la *limonite stalactitique* d du paragraphe précédent donnera à l'analyse une composition voisine de celle de la turgite ou de la limonite, suivant que les nombreux grains opaques dont elle est souillée sont constitués d'oligiste ou de limonite.

Nous reviendrons sur l'étude des hydroxydes de fer dans un autre travail.

RECHERCHES ALGÉSIMÉTRIQUES ; par M^{lles} J. Ioteyko, docteur en médecine, lauréate de l'Institut de France, et M. Stefanowska, docteur ès sciences, privat-docent à l'Université de Genève.

- I. *Asymétrie dolorifique.* — II. *Influence de la fatigue intellectuelle sur la sensibilité dolorifique.* — III. *Influence locale du menthol.* — IV. *Sur le centre de la douleur.*

INTRODUCTION.

Sur l'asymétrie de l'organisation.

L'homme normal est asymétrique. Le principe de la symétrie bilatérale de l'organisation, établi encore naguère dans les sciences biologiques, est remplacé aujourd'hui par la notion de l'asymétrie, qui, loin d'être un phénomène anormal, pathologique, est au contraire l'expression de l'état normal. L'une des moitiés du corps est plus développée que l'autre au point de vue anatomique et fonctionnel. Chez le droitier, c'est le côté droit qui est favorisé ; chez le gaucher, c'est le côté gauche. Or, chaque moitié du corps étant sous la dépendance de l'hémisphère du côté opposé, on voit que chez le droitier c'est le cerveau gauche qui est plus développé, tandis que le gaucher accuse un développement plus considérable du cerveau droit.

Nous avons voulu nous rendre compte si cette asymétrie, si bien étudiée pour les divers organes sensoriels, s'étendait aussi au *sens de la douleur*. Dans cette étude, nous avons donc poursuivi un double but : fournir une contribution à la question de l'asymétrie sensorielle, en la poursuivant dans un domaine encore inexploré; deuxièmement, contribuer à une détermination plus exacte du sens de la douleur, et notamment à la question si souvent posée, mais non encore résolue : Existe-t-il des centres et des nerfs d'origine douloureux?

Mais pour la mise en valeur de nos résultats, il est indispensable de les confronter avec les faits acquis précédemment. Aussi croyons-nous utile de commencer cette étude par une récapitulation succincte des principaux travaux sur l'asymétrie de l'organisme.

L'asymétrie sensorielle fut l'objet d'études remarquables de la part de J.-J. Van Biervliet; il lui a consacré plusieurs mémoires (depuis 1897). Ses premières recherches ont porté sur 100 personnes, pour la plupart étudiants à l'Université de Gand. Plus tard, le nombre des sujets a atteint 200. Le professeur de Gand est parvenu à déterminer mathématiquement l'asymétrie sensorielle. Il a examiné chez ses sujets le sens musculaire, les sensations auditives, visuelles et le sens tactile des deux côtés. Pour le sens musculaire, le sujet devait soupeser deux poids appliqués sur les deux index au moyen d'un fil de métal. Si, les poids étant égaux, le sujet déclarait le poids de gauche plus grand, on le considérait comme droitier. Si, au contraire, il déclarait le poids de droite comme le plus lourd, on le considérait comme gaucher. On ajoutait alors des poids supplémentaires jusqu'à ce que le sujet déclarât les sensations

égales des deux côtés (1). En réalité, Van Biervliet n'a donc pas mesuré la force des deux côtés, et encore moins la capacité au travail. Il a mesuré les sensations d'effort.

Pour comparer l'acuité auditive des deux oreilles, l'auteur s'est servi de deux caisses cubiques matelassées; au milieu d'une des faces de chaque caisse s'engageait un tuyau acoustique, dont l'embouchure pénétrait dans chaque oreille du sujet. Le son dans chaque caisse était produit par la chute de deux billes métalliques sur une plaque métallique. A un moment donné, on faisait tomber par transmission électrique une bille, puis la seconde. On demandait alors au sujet de quel côté le son lui paraissait plus intense, et l'on variait la hauteur de chute jusqu'à ce que l'on fût parvenu à produire une impression égale à droite et à gauche. L'intensité du son n'était pas mesurée en raison de la hauteur de chute, mais en raison de la racine carrée de cette hauteur.

L'acuité visuelle a été déterminée au moyen du tableau de Snellen; on mesurait exactement la distance à laquelle un sujet parvient à lire trois des lettres les

(1) Wundt avait observé en effet qu'un même poids posé alternativement sur la main droite et sur la main gauche paraît plus pesant pour cette dernière. Il explique ce résultat en rappelant que les muscles du membre supérieur gauche sont plus faibles que ceux du côté opposé; l'effort de contraction nécessaire pour soutenir le poids est donc plus considérable pour le côté gauche que pour le côté droit. Or, c'est l'intensité des contractions musculaires qui nous renseigne sur la grandeur du poids à soutenir. La sensation de pesanteur résulte pour la conscience du degré de contraction des muscles maintenant le poids. Les sujets comparent des efforts. Deux facteurs interviennent dans l'appréciation de ces efforts : c'est d'abord le degré d'acuité du sens musculaire; c'est, en second lieu, l'attention. (Voir VAN BIERVLIET, dans Bibliographie.)

plus petites de ce tableau. L'examen a été fait séparément pour l'œil droit et pour l'œil gauche. La sensibilité tactile a été mesurée sur la face dorsale des deux mains au moyen de l'esthésiomètre.

De toutes ces recherches de Van Biervliet se dégage une loi tout à fait générale de grande importance : *Si l'on représente par 10 la sensibilité du côté le plus développé, il faut exprimer environ par 9 la sensibilité du côté opposé.* Il existe une asymétrie sensorielle qui s'étend à tous les organes des sens. Le côté droit chez les droitiers, le côté gauche chez les gauchers, est plus sensible de $\frac{1}{9}$ environ que le côté opposé.

En se basant sur ces recherches, l'auteur admet qu'il existe dans l'espèce humaine deux types asymétriques absolument opposés : d'une part, le droitier, chez lequel la main droite est non seulement plus habile, mais plus forte que la gauche; l'œil droit et l'oreille droite ont une acuité supérieure; la peau qui recouvre la moitié droite du corps est plus sensible de $\frac{1}{9}$ environ que le côté opposé. Le droitier est de beaucoup le type le plus répandu. En opposition avec le premier et construit sur un plan tout différent, il y a le gaucher. Chez lui, c'est le côté gauche qui l'emporte en force et en finesse.

Parmi les 200 sujets examinés, Van Biervliet n'a jamais rencontré un cas d'asymétrie croisée compensatrice. Jamais un droitier pour la vision n'était gaucher pour l'audition.

Toulouse et Vaschide ont repris, au laboratoire de psychologie expérimentale de Villejuif, cette étude pour les sensations olfactives. Ils ont remarqué qu'un grand nombre de sujets sentaient avec une narine plutôt qu'avec l'autre. Avec la méthode des solutions titrées de l'eau camphrée, ils ont examiné l'acuité olfactive chez

64 sujets (adultes hommes et femmes, enfants), et ils ont trouvé que l'asymétrie olfactive est au profit de la narine gauche chez les droitiers. Cette supériorité esthésique du côté gauche chez les droitiers n'est pas en désaccord avec la loi trouvée par Van Biervliet. En effet, les voies sensitives des sens étudiés par Van Biervliet éprouvent une décussation plus ou moins complète (1). Chez le droitier, le cerveau gauche, étant plus développé, commande à des organes plus forts et des mouvements plus difficiles, et tous les organes en rapport avec cet hémisphère bénéficient de cette supériorité physiologique. Chez le gaucher, le cerveau droit, étant plus développé, tient sous sa dépendance la partie gauche du corps. Mais pour l'olfaction, il existe de nombreux faits qui paraissent prouver la non-décussation des nerfs olfactifs. Les asymétries olfactifs droits seraient donc analogues aux gauchers des autres sens, puisqu'ils sentiraient avec le cerveau droit. En effet, les auteurs ont constaté que les asymétries droits pour l'olfaction étaient gauchers ou ambidextres. Une dernière preuve, c'est que la sensibilité olfactive étant au profit de la narine gauche, la sensibilité tactile est au profit de la narine droite.

Van Biervliet a en outre rassemblé un grand nombre de documents anthropologiques relatifs à l'asymétrie du squelette, des muscles et du système nerveux. L'homme droit a l'hémisphère gauche plus développé que l'hémisphère droit; la boîte crânienne, qui contient le cerveau, est plus spacieuse à gauche qu'à droite. Il en résulte une asymétrie du visage, vérifiée par Hasse sur un certain nombre de crânes. La Vénus de Milo est un type de

(1) Excepté pour l'audition, ce que Van Biervliet semble perdre de vue.

beauté idéale et normale : elle est droitère. En ce qui concerne les membres supérieurs, les os du côté droit l'emportent en longueur et en circonférence et aussi en poids sur ceux du côté opposé chez l'homme droit (Hasse et Dehner, Rollett, Bischoff, Manouvrier). Chez la femme, l'asymétrie paraît moins prononcée. Pour les muscles comme pour le squelette, on observe une asymétrie parfaitement bien marquée entre les deux moitiés du corps (Theile). Chez l'homme droit, les muscles du membre supérieur droit l'emportent en poids sur ceux du membre supérieur gauche; mais le développement de la boîte crânienne étant plus considérable du côté gauche que du côté droit, les muscles qui meuvent la tête sur le cou et le cou sur le tronc sont plus puissants et plus pesants du côté gauche. Pour le système musculaire également, la femme paraît plus symétrique que l'homme. L'enfant paraît aussi avoir une organisation plutôt symétrique, et le développement inégal des deux moitiés du corps se produit seulement plus tard.

Cette différence dans le développement des deux membres exerce une influence sur la marche. Comme à chaque double pas on fait un mouvement plus intense avec le membre inférieur le plus développé, il en résulte une déviation de la ligne droite. En effet, dans les cas où l'audition et surtout la vision ne viennent pas corriger la déviation, elle se produit inévitablement à droite ou à gauche, suivant que le sujet est gaucher ou droitier. Guldberg a observé le fait chez les jeunes chiens aveuglés qui commencent par courir en cercle, et chez d'autres animaux soit vivant en liberté, soit aveuglés. De même les aveugles ont de la tendance à dévier. Van Biervliet a refait une partie de ces expériences chez les droitiers et les gauchers, qui devaient faire un trajet rec-

tiligne les yeux étant bandés. Tous les gauchers dévient à droite, et tous les droitiers dévient à gauche.

Les observations de Guldberg montrent aussi que l'asymétrie fonctionnelle n'est pas spéciale à l'homme, mais qu'elle apparaît également chez les animaux. Dans une communication faite au V^e Congrès international de physiologie (Turin, 1901), Osawa, de Tokio, rapporte que la droiterie et la gaucherie sont nettement caractérisées chez un grand nombre d'animaux. Les singes sont droitiers ou ambidextres; un petit nombre seulement sont gauchers. Les oiseaux, qui retiennent la nourriture par leurs griffes, emploient à cet usage leur patte gauche. Pour résoudre la question de savoir pourquoi l'homme est droitier ou gaucher, il faudrait, suivant cet auteur, instituer des expériences sur les animaux.

Dans une brochure très intéressante, Lueddeckens rapporte différents faits anatomo-physiologiques qui établissent la droiterie et la gaucherie. Il se base sur des travaux anatomiques bien connus pour affirmer qu'au commencement de la vie embryonnaire, la symétrie des organes est complète; même le système vasculaire est absolument symétrique, depuis le cœur jusqu'aux veines et capillaires. Nous ne suivrons pas l'auteur dans la description qu'il donne des modifications survenant au cours du développement. Finalement, l'inégal développement du système vasculaire aboutit à l'inégalité de la pression sanguine dans les deux moitiés de la tête. D'après l'auteur, chez la grande majorité des personnes, la pression sanguine est plus forte dans la moitié gauche de la tête; chez un petit nombre, elle est plus forte dans la moitié droite de la tête, et chez un petit nombre aussi, plutôt théoriquement, elle est égale des deux côtés. Cette augmentation de pression

dans la moitié gauche de la tête explique ce fait bien connu que, d'habitude, pendant le sommeil, on reste couché sur le côté droit; le sommeil sur le côté gauche est accompagné de cauchemars. Comme le sommeil profond exige un certain degré d'anémie cérébrale, cette condition s'obtient plus aisément quand le cerveau gauche, plus actif au point de vue circulatoire, se trouve surélevé.

Quant à l'origine de l'asymétrie, Van Biervliet la considère comme étant anatomique et non physiologique, c'est-à-dire qu'elle ne résulte pas de l'exercice, de l'usage établi volontairement. Tant qu'on n'a considéré que la force des deux côtés, on pouvait admettre une pareille opinion; mais elle n'est plus soutenable vis-à-vis du fait de l'asymétrie sensorielle. Bien longtemps avant d'apprendre à se servir de préférence de la main droite, le nouveau-né a les centres visuels et les yeux déjà formés. Si c'est l'exercice qui est la cause de l'asymétrie, celle-ci devrait être différente d'après la durée et l'intensité des exercices. Or, nous savons que le rapport de la sensibilité des deux côtés est constant. Et il reste inexpliqué pourquoi le gaucher développe accidentellement tout le côté gauche du corps dans le même rapport. Selon toute probabilité, les hommes ont considéré le côté droit comme plus noble parce qu'il se trouvait être plus prépondérant. La cause profonde de la droiterie et de la gaucherie, dit Van Biervliet, nous est inconnue, mais il croit qu'elle agit dès le début de la vie embryonnaire.

La proportion de gauchers est très variable suivant les différents expérimentateurs. Van Biervliet a trouvé 22 gauchers sur 100 étudiants de l'Université de Gand, et il pense que la proportion généralement admise de 2 gauchers pour 100 est bien au-dessous de la réalité.

Dans des recherches dynamométriques faites par l'une de nous (J. Ioteyko) sur les étudiants de l'Université de Bruxelles, la proportion de gauchers s'est également montrée très considérable.

Quant à la femme, il semble, malgré les nombreuses lacunes qui existent dans cette étude, que chez elle l'asymétrie en faveur du côté droit est moins prononcée. Sur les sept squelettes de femmes adultes dont il a mesuré les os, Matiegka trouve 53 % de gauchères, alors que chez l'homme il ne trouve que 8 % de gauchers. De la mensuration de squelettes de sept jeunes filles de 9 à 19 ans, le même auteur conclut qu'il y a moins de gauchères que chez les femmes adultes. D'après Rollett, il y a chez les deux sexes inégalité entre la longueur des tibias, mais chez la femme l'inégalité est le plus souvent en faveur du côté gauche. En se basant sur des études anatomiques et cliniques, Klippel appelle le cerveau droit, le *cerveau féminin*, et le cerveau gauche, le *cerveau masculin*.

Les mesures dynamométriques et ergographiques viennent aussi se prononcer dans le même sens. D'après Pitres, la femme aurait plus de tendance à être gauchère. Il est vrai que, d'après Lombroso, les gauchères se rencontrent surtout parmi les criminelles. Chez les criminels, on trouve 14.5 % de gauchers et 22.7 % de gauchères, tandis que sur 711 femmes normales, on a trouvé seulement 4.5 % de gauchères, et chez 258 ouvriers normaux, seulement 5.8 % de gauchers.

La prédominance de la main gauche chez la femme se manifeste surtout dans les recherches ergographiques de Ferrari. Les sujets-femmes de Ferrari se servent de préférence pour leurs travaux de la main droite, et au dynamomètre elles présentent une force plus grande de

ce côté. Mais à l'ergographe, c'est tout le contraire : les fléchisseurs de la main gauche possèdent une force de résistance très considérable, beaucoup plus grande que chez l'homme. Pour la main droite, la fatigue ergographique est la même que chez l'homme. L'ergogramme fourni par la main gauche est non seulement plus considérable que celui fourni par la droite, mais le sujet n'accuse avec la main gauche aucune sensation de fatigue ; les femmes peuvent, au commandement, retracer avec la même main gauche une nouvelle courbe, qui possède les caractères de la courbe de la main droite. L'infatigabilité de la main gauche jointe à l'absence du sentiment de fatigue fait penser à Ferrari qu'elle est d'origine centrale. Chez la femme, le travail exécuté par la main droite serait réglé par la « fatigue psychologique », tandis que le travail exécuté par la main gauche serait réglé par la « fatigue physiologique ».

Chez les hommes, le même auteur observa toujours une prévalence de force du côté droit. Ferrari admet que cet inégal développement des mains chez la femme est dû aux conditions de son existence. Ordinairement, la femme ne travaille pas, comme l'homme, manuellement et n'a pas d'occasion de développer la force de la main droite. Mais elle a une fonction biologique importante : c'est celle de porter son enfant sur le bras gauche. La fatigue de ce bras serait physiologique, sans aucune part de l'attention.

Il semble aussi que chez l'enfant l'asymétrie est moindre que chez l'homme adulte. Nous devons à Marc Baldwin des expériences faites à cet égard sur sa propre fille à partir de sa première enfance. L'enfant assise commodément pouvait saisir différents objets mis à sa portée. Entre 6 et 10 mois, il y avait tendance absolue à l'ambidextrisme ; plus tard, l'objet était saisi de préférence avec

la main droite. Baldwin fait dépendre aussi la droiterie et la gaucherie de la prédominance de l'hémisphère opposé.

Existe-t-il un type ambidextre? On pourrait le croire d'après certaines mensurations où l'on a trouvé égalité de poids entre les os des deux membres; mais certains auteurs (Rollett) ne trouvent jamais égalité complète des deux côtés. Hasse et Dehner, qui ont opéré sur le vivant, admettent 18 % d'ambidextres. Van Biervliet n'admet pas l'existence d'ambidextres. Dans une nouvelle contribution à l'étude de l'asymétrie sensorielle, il a montré que les ambidextres sont, au point de vue du développement du système nerveux sensitif, absolument comparables aux gauchers. Comme chez ces derniers, les nerfs sensitifs du côté gauche l'emportent de $\frac{1}{9}$ environ sur les nerfs correspondants du côté droit. Toulouse et Vaschide, dans leurs études sur l'asymétrie sensorielle olfactive, ont aussi constaté que les ambidextres sont asymétriques comme les gauchers.

Résumons, pour finir, quelques travaux récents qui peuvent jeter quelque lumière sur l'asymétrie sensorielle. Van Biervliet a constaté que les droitiers ont meilleure mémoire visuelle de l'œil droit et auditive de l'oreille droite, et c'est le contraire pour les gauchers (1). Pour la mémoire auditive comme pour la visuelle, les ambidextres sont semblables en tous points aux gauchers. Patrizi et Cavani (Modène) ont institué des recherches sur les réactions vaso-motrices des droitiers et des gauchers au moyen du gant volumétrique de Patrizi, appareil analogue à un pléthysmographe. Ils ont étudié l'intensité et la vitesse des réactions vaso-motrices après un signal acous-

(1) Rappelons encore que les nerfs auditifs ne subissent pas de décussation.

tique, simultanément dans les deux membres symétriques, chez les droitiers et chez les gauchers. Les droitiers moteurs se sont montrés aussi des droitiers vaso-moteurs; et les gauchers moteurs se sont montrés aussi des gauchers vaso-moteurs. Les auteurs attribuent cette différence à des voies nerveuses mieux perméables dans les membres plus longuement exercés.

Ch. Féré, dans ses recherches sur l'action des excitants sensoriels sur la force ergographique, a remarqué que, sous l'influence d'un même excitant, affectant symétriquement un appareil sensoriel, le travail est modifié d'une manière différente, suivant qu'il s'agit d'une main ou de l'autre. L'hémisphère gauche est plus excitable que l'hémisphère droit; les excitations conduites par l'intermédiaire des organes des sens produisent donc sur ses centres des effets plus considérables. Et l'on remarque une prédominance marquée de la réaction du médus droit. De même l'action excitante ou déprimante (suivant le cas) du travail intellectuel sur la force ergographique est plus intense pour la main droite que pour la main gauche. Les exercices intellectuels les plus simples ont une action excitante plus marquée sur le côté droit, tandis que les exercices intellectuels plus compliqués ont une action déprimante plus marquée sur le même côté. Quand il s'agit de l'influence sur le travail volontaire d'un muscle de l'activité d'autres muscles, on observe les mêmes phénomènes. Cette influence avait déjà été étudiée par Weber, Fechner, Volkmann, Féré, J. Ioteyko, Kronecker. Récemment Féré l'a reprise au point de vue de l'asymétrie fonctionnelle : le côté gauche et le côté droit réagissent d'une manière très différente. Le côté droit réagit plus rapidement et s'épuise plus vite; le

côté gauche réagit plus lentement et s'épuise aussi plus lentement.

Dans des recherches ergographiques, Patrizi a montré que l'hémisphère cérébral droit, moins capable au travail, est aussi moins apte à la coordination et perd plus d'énergie quand il doit s'y soumettre.

Nous voyons ainsi que, d'après la prédominance du cerveau gauche ou du cerveau droit, nous aurons affaire à deux types essentiellement différents : le droitier moteur, qui est en même temps le droitier vaso-moteur, le droitier sensitif et le droitier psychique ; et le gaucher moteur, qui est en même temps le gaucher vaso-moteur, le gaucher sensitif et le gaucher psychique.

Cette distinction, importante au point de vue anthropologique et physiologique, ne l'est pas moins au point de vue psychologique. Elle est essentielle pour les localisations cérébrales. Déjà Romanes avait relevé les conditions anatomiques grâce auxquelles, dans le cerveau, le centre de la parole est situé dans l'hémisphère gauche, et plus rapproché du centre pour les mouvements du membre supérieur droit, d'où il conclut à une connexion fondamentale entre le développement de la parole et le dextrisme. Le geste a précédé la parole, et ils se substituent quelquefois en nous. Nous accompagnons nos paroles par des mouvements du bras droit, et c'est seulement lors d'une grande excitation, quand la parole n'est plus suffisante pour exprimer toute notre pensée, que nous mouvons notre bras gauche (grâce à la diffusion de l'excitation). Ce qui fait corroborer cette opinion, c'est que, chez les gauchers, le centre du langage articulé est situé non dans l'hémisphère gauche, mais dans le pied de la troisième circonvolution frontale à droite.

Van Biervliet estime que même les centres bilatéraux sont situés *fonctionnellement* du côté de l'hémisphère le plus développé, car d'habitude nous ne nous servons que d'un œil, que d'une oreille, etc. Une image visuelle sera plus nette quand elle sera entrée par le nerf optique le plus affiné; il y a donc tout avantage à regarder l'objet avec cet œil.

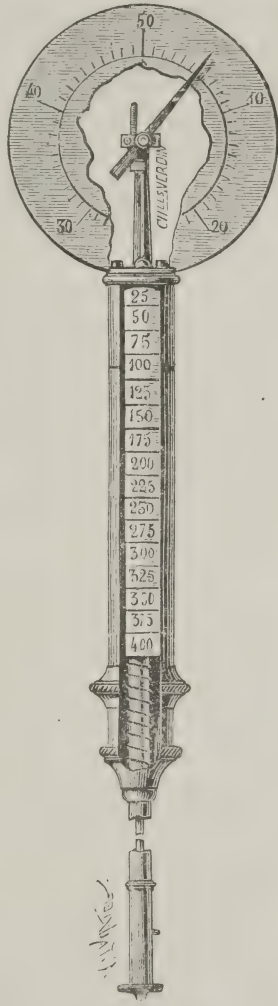
Nous croyons qu'il serait aussi intéressant de rechercher si les différentes illusions sensorielles et psychiques et aussi les erreurs dans l'appréciation des excitants ne seraient pas dues pour une part à l'asymétrie, la représentation se formant tantôt dans un hémisphère, tantôt dans celui du côté opposé. Il est possible aussi que le manque de simultanéité dans le fonctionnement des deux hémisphères, causé non seulement par l'inégal développement des organes sensoriels, mais aussi par la différence dans la pression sanguine dans les deux hémisphères, pourrait, lui aussi, expliquer certaines aberrations bien connues en psychologie.

I. — *De l'asymétrie douloureuse.*

Les appareils servant à mesurer la sensibilité à la douleur portent le nom d'*algésimètres* ou d'*algomètres*. Il en existe plusieurs genres (Lombroso, Griffing, Buch, Philippe, Motchoutkowski, Cattell, Mac Donald, etc.), dont les deux principaux sont : l'algésimètre de Motchoutkowski, qui présente une pointe conique dissimulée dans une gaine cylindrique; la base du cylindre étant appuyée sur la région, on fait sortir la pointe qui s'enfonce dans la peau. La pointe est enfoncée par un ressort et la douleur se trouve mesurée en longueurs de

pointe, c'est-à-dire en millimètres. Dans l'algésimètre de Cattell, il existe un poids qui vient agir sur une pointe. La douleur se trouve mesurée par le poids nécessaire pour faire enfoncer la pointe.

Dans nos expériences, nous nous sommes servies de l'algésimètre de Chéron, qui présente une combinaison heureuse de deux genres d'algésimètres précédemment indiqués. Il s'agit de savoir de combien de millimètres et avec quel poids en pression devra s'enfoncer une pointe en métal dans les tissus pour provoquer la douleur. La pointe est enfermée dans un tube-gaine et mue par un piston recouvert d'un cylindre divisé en grammes; aussitôt que l'on exercera une pression, la gaine portant une fente avec goupille s'élèvera et la pointe pourra s'enfoncer dans la peau. L'enfoncement de l'aiguille sera indiqué sur un cadran situé à la partie supérieure



Algésimètre du Dr J. Chéron.

de l'instrument, et dont l'aiguille est solidaire de tous les déplacements du tube-gaine. En même temps, on lira sur le cylindre la pression qui aura été exercée. Le piston est divisé de 25 à 550 grammes. Le cadran indiquant l'enfoncement de la pointe est divisé en 50 parties, et chaque division correspond à $\frac{1}{10}$ de millimètre d'enfoncement de la pointe. L'aiguille faisant le tour du cadran indique que la pointe s'est enfoncée de 5 millimètres.

Voici donc le dispositif de l'expérience : L'expérimentateur tient l'algésimètre par sa partie moyenne et l'applique bien perpendiculairement à la région explorée. La première impression est celle de contact et de froid, mais le sujet est averti qu'il ne doit réagir qu'à la douleur. L'expérimentateur appuie alors doucement avec l'instrument et exerce une pression jusqu'au moment où le contact ayant passé par la sensation du désagréable, la douleur est apparue nette. Le sujet prononce alors le mot : assez ! ou halte ! et l'expérimentateur enlève l'instrument. Il suffit, pour le besoin immédiat, de faire une lecture sur le cadran qui indique en dixièmes de millimètre l'enfoncement de la pointe, sans tenir compte de la pression indiquée sur l'échelle des poids. Car, outre que cette dernière mesure peut toujours être renouvelée en connaissant le degré de l'enfoncement, l'échelle des poids n'est pas aussi finement graduée que l'échelle de l'enfoncement ; le poids s'indique, en effet, de 25 en 25 grammes.

Nous venons de mentionner que l'expérimentateur exerce une pression douce et continue ; chaque exploration dure quelques secondes. Ce temps est nécessaire au sujet pour concentrer son attention et permet à l'expérimentateur d'arrêter l'instrument dès que le sujet a donné

le signal d'arrêt. Nous avons pu nous convaincre que le seuil de la douleur n'est pas modifié suivant la rapidité avec laquelle on enfonce l'instrument, entre certaines limites. Mais le seuil de la douleur est considérablement abaissé (1) si la pression est extrêmement rapide, si elle ne dure qu'une fraction de seconde. Ainsi, par exemple, si après avoir trouvé empiriquement le seuil de la douleur pour une région donnée, qui est par exemple à 15, on place à ce niveau sur le cadran une pince pour empêcher l'aiguille de dépasser ce chiffre, et si on recommence l'expérience en allant d'un trait jusqu'à 15, le sujet éprouvera maintenant une douleur beaucoup plus vive que lors de la détermination du seuil. Mais nous n'avons jamais eu recours à ce procédé rapide dans les expériences, et le temps de l'enfoncement de l'aiguille peut durer deux à trois secondes et même davantage sans que de légères modifications de durée influent sur le seuil.

Un aide lit chaque fois le seuil de la douleur sur le cadran et le marque silencieusement dans un cahier pour ne pas troubler le sujet. Chaque expérience comprenait dix piqûres faites à droite et dix piqûres faites à gauche. Afin d'éliminer la possibilité de l'influence d'un côté sur l'autre, nous ne commencions pas toujours par le même côté.

Le sujet est bien averti qu'il ne s'agit pas d'une mesure de la résistance à la douleur, mais d'un minimum perceptible de douleur. La sincérité de ses sensations est indiquée par la régularité des chiffres obtenus. En général, il faut faire l'éducation des sujets : deux ou trois

(1) Nous appelons abaissement ou diminution du seuil l'exagération de la sensibilité.

expériences préliminaires sont nécessaires. Mais certaines personnes s'analysent fort bien dès la première expérience, et la régularité des chiffres qu'elles présentent est surprenante.

La douleur apparaît d'une façon soudaine, elle semble être une sensation nouvelle et elle succède au contact. Le fait a été vérifié bien des fois avant nous. Cette brusque apparition de la douleur permet d'en bien faire l'analyse. Avant l'apparition de la douleur, le sujet sent le contact, et si la région n'est pas très sensible et demande une pression assez forte, il sent très bien la pression exercée par la pointe et sa pénétration dans les tissus, mais il ne sent pas encore de douleur. Dès que celle-ci apparaît, l'instrument est enlevé.

Nous avons pu constater que dans ces conditions de l'expérimentation, l'algésimètre s'est montré un instrument des plus précis et des plus fidèles. Nous pouvons affirmer que les indications qu'il fournit sont bien plus précises que celles que donne l'esthésiomètre. Cela tient peut-être en partie à ce que le processus psychique mis en jeu pour les sensations de douleur est plus simple que celui qui est nécessaire pour distinguer deux pointes. Le degré d'attention nécessaire pour accuser une sensation de douleur est bien moindre que celui que nécessite la sensation discriminative de deux pointes. Un degré d'attention moyenne suffit pour la douleur. Aussi les expériences algésimétriques sont-elles beaucoup moins fatigantes pour le sujet et pour l'expérimentateur que les expériences esthésiométriques.

Le seuil de la douleur n'est certes pas invariable; il subit quelques modifications journalières et fonctionnelles, comme nous allons le voir; mais, outre qu'on

peut très bien déterminer une topographie de la douleur suivant les régions, on est frappé de l'uniformité des chiffres que présentent certaines personnes sensibles dans une seule et même séance. Ainsi, pour prendre quelques exemples :

Aachten, dans l'expérience du 24 janvier 1901, a donné les chiffres suivants (avant-bras gauche) : 15, 14, 15, 14, 15, 15.

Dans l'expérience du 26 février 1901 : 19, 21, 20, 21, 21, 20.

M^{lle} Gabrylowitch (même région, 14 février 1902) : 17, 16, 16, 16, 15, 15.

M^{lle} Gabrylowitch, 26 février : 20, 20, 20, 19, 19, 20.

Van Erps (même région, 25 février) : 22, 22, 21, 21, 21, 22. Nous venons de rapporter quelques expériences préliminaires où l'on n'a fait que six piqûres.

Tous les sujets ne présentent certes pas cette régularité, mais nous l'avons trouvée, dans la très grande majorité des cas, suffisante pour permettre des conclusions. Nous croyons que le manque de précision dans l'analyse des sensations dolorifiques ne s'étend qu'aux douleurs fortes. Il est très difficile de comparer une douleur à une autre douleur deux ou trois fois plus grande, mais quand il s'agit de la détermination du seuil, les mesures deviennent très précises.

De cette façon, nous sommes amenées à considérer l'examen algésimétrique comme un procédé relativement facile et rapide d'exploration psychologique. Nous croyons qu'il est destiné à entrer rapidement dans la pratique courante des laboratoires de psychologie expérimentale.

Quand il s'agit de déterminations algésimétriques, il ne saurait être question de la recherche des « points de douleur », si bien étudiés par Goldscheider et par von Frey (voir plus bas). Cette détermination exige, en effet, des pointes d'une finesse extrême. C'est donc la sensibilité à la douleur de la peau prise « en bloc » que nous avons étudiée, et nous venons de voir jusqu'à quel point cette mesure est exacte. Il faut pourtant noter que, même avec l'algésimètre, nous avons pu constater des points insensibles à la douleur. Ils sont beaucoup plus fréquents chez les personnes qui sont en général peu sensibles à la douleur ; chez les personnes très sensibles, ils ne se rencontrent presque jamais ou très rarement. Ils peuvent être piqués très fortement ou même transpercés sans que le sujet accuse de la douleur. Il est difficile de décider à quoi correspondent ces points insensibles ; ce sont peut-être des places de la peau libres de terminaisons nerveuses dolorifiques et servant aux sensations thermiques. Il est difficile aussi de décider si ce sont des points fixes de la peau, l'algésimètre n'étant pas un instrument approprié pour cette recherche. Mais il est possible que ces points ne soient pas fixes ; ainsi, la même personne, qui pour une raison d'ordre psychique accusera une sensibilité amoindrie à la douleur, présentera aussi un nombre plus considérable de points insensibles. Dans nos expériences, les points insensibles n'ont évidemment pas fait partie des moyennes, nos recherches ayant trait à la sensibilité et non à l'insensibilité. Ajoutons que leur existence n'a été constatée que chez un très petit nombre de personnes. Ils sont sensibles au contact, au froid, mais non à la douleur. Le sujet se rend compte qu'il est piqué profondément, la tension de la peau lui en est un indice, mais la douleur est absente.

Nous n'avons pas non plus négligé l'introspection dans ces recherches, et cette méthode nous a rendu de grands services. A côté des indications algésimétriques, qui servent en quelque sorte à objectiviser le sens de la douleur, nous avons souvent interrogé les sujets sur les sensations perçues et nous avons fait cette analyse sur nous-mêmes. Le seuil de la douleur ne correspond pas toujours à une même douleur. Nous avons mentionné que l'apparition de la douleur était soudaine. Or, le seuil de la douleur correspond à une douleur plus forte : 1° chez les personnes en général plus sensibles ; 2° chez la même personne pour les régions plus sensibles ; 3° chez la même personne et pour la même région, mais quand, sous l'influence d'une cause psychique ou physiologique, la sensibilité à la douleur est augmentée. Il en résulte quelquefois ce fait, en apparence paradoxal, que, pour le même enfoncement de la pointe, la douleur peut être plus ou moins vive chez la même personne et pour la même région, et que même, dans certains cas, la douleur peut être plus vive pour une piqûre moins profonde que pour une piqûre plus profonde.

Les jours où les chiffres sont assez bas, les sujets accusent une sensation de douleur très nette et circonscrite, et l'on rencontre alors certains points particulièrement douloureux. Au contraire, les jours où les chiffres sont élevés, la douleur est peu nette et diffuse. En général, quand la sensibilité à la douleur est très affinée, la piqûre paraît beaucoup plus aiguë ; elle est comparable à « une piqûre de guêpe », suivant l'expression des sujets, ou bien encore « la pointe paraît plus fine ». Quand la sensibilité est assez obtuse, l'aiguille paraît beaucoup plus grosse.

Certaines personnes sensibles accusent une douleur consécutive. Celle-ci est de deux ordres : 1° celle qui suit de très près chaque piqure ; 2° la sommation de toutes les douleurs consécutives, qui fait que, pendant trois à cinq minutes après l'expérience, la région est endolorie. Souvent, après l'expérience, la région donne lieu aux sensations de démangeaison. Les sensations consécutives ne naissent que lors d'une grande sensibilité à la douleur et peuvent servir à la caractériser.

Dans certaines expériences, les sujets ont accusé une irradiation de la douleur sous forme d'élancements.

D'après Mac Donald, l'épaisseur de la peau a une influence sur la sensibilité à la douleur, mais beaucoup moindre qu'on ne le supposerait. La sensibilité à la douleur dépend principalement de la richesse en nerfs de la région donnée.

Pour étudier la sensibilité à la douleur du côté droit et du côté gauche, nous avons toujours choisi deux régions exactement symétriques. Il fallait fixer notre choix sur une région facilement accessible, douée d'une sensibilité délicate et non soumise à des frottements. Nous avons commencé par la pulpe des doigts, mais cette région n'est pas douée d'une très grande sensibilité à la douleur, et les indications obtenues n'ont pas une très grande précision ; le seuil de la douleur n'y est pas très net, cette région étant principalement affectée au tact. Des résultats plus satisfaisants ont été obtenus avec le dos de la main et la tempe. La tempe est beaucoup plus sensible que la pulpe des doigts ; mais pour l'expérimentation avec l'algésimètre de Chéron, elle présente cet inconvénient

qu'elle nécessite le décubitus latéral du sujet, l'algésimètre devant être appliqué suivant une ligne verticale. Après de nombreux essais, nous avons trouvé une région qui présente toutes les conditions voulues : c'est une région située à la face *antérieure de l'avant-bras, côté cubital*, au-dessus du poignet. De chaque côté, les expériences portaient sur un petit espace de plusieurs millimètres carrés, en évitant de piquer le même point et en évitant aussi les tendons et les veines. C'est sur cette région qu'ont porté toutes nos déterminations de la sensibilité bilatérale, et notre tableau général de la sensibilité est basé exclusivement sur cette région. Chaque expérience comprenait dix piqûres du côté droit et dix piqûres du côté gauche. Nous avons fait en tout environ 400 expériences de chaque côté, soit 8,000 piqûres.

Nous avons expérimenté sur 52 personnes. Elles peuvent être divisées en trois catégories. La très grande majorité était constituée par les étudiants en candidature en sciences de l'Université de Bruxelles, élèves du cours de psychologie expérimentale que J. Ioteyko donne chaque hiver au laboratoire psychologique Kasimir. Les expériences de recherches avaient lieu naturellement en dehors des cours, dans les conditions de calme et de recueillement requises pour les expériences de psychologie. Les étudiants qui ont pris part aux expériences peuvent être divisés en deux catégories : dans la première se placent les élèves qui se sont prêtés à une étude approfondie dans un grand nombre d'expériences ; à la seconde catégorie appartiennent les élèves qui ne sont venus que deux ou trois fois. Tous ont été des collaborateurs assidus et dévoués. Dans notre tableau, nous trouvons même

plusieurs personnes qui n'ont pris part qu'à une seule expérience, mais celle-ci a toujours été précédée d'un apprentissage. Cette étude algésimétrique a été poursuivie pendant trois années consécutives.

Une troisième catégorie, la moins nombreuse, a été constituée par plusieurs personnes d'âge très différent, professeurs, médecins, avocats et quelques dames, qui ont bien voulu se prêter aux expériences dans un décor un peu moins sévère qu'une salle de laboratoire. Ces expériences ne sont pas aussi précises que les premières, mais il nous a paru utile de compléter cette étude en expérimentant dans des conditions un peu différentes.

Parmi les 52 personnes étudiées se trouvent 15 dames, ce qui nous a permis de tirer quelques conclusions relativement au sexe. Nous avons mesuré aussi la force dynamométrique pour distinguer les droitiers des gauchers. Ces derniers étaient au nombre de 14. Ce nombre considérable de gauchers n'est pas accidentel, mais dû à un triage.

Les 52 personnes étudiées se répartissent de la façon suivante :

1° Deux personnes presque insensibles à la douleur mesurée à l'algésimètre.

Il reste par conséquent 50 personnes sensibles, dont :

1° Quarante-sept sont plus sensibles à gauche, aussi bien les droitiers que les gauchers ;

2° Trois personnes plus sensibles à droite.

Ces résultats seront mieux exprimés par des tables.

Résultats des expériences algésimétriques faites sur les 47 personnes plus sensibles à gauche qu'à droite.

Région étudiée : Avant-bras, face antérieure, côté cubital, au-dessus du poignet.

Le *seuil* de la douleur est marqué en dixièmes de millimètre d'enfoncement de la pointe de l'algésimètre dans les tissus.

La *force* de chaque main est mesurée en kilogrammes au dynamomètre de Regnier.

Chaque expérience comprend dix piqûres à droite et dix piqûres à gauche.

NOMS.	Nombre total d'expériences algésimétriques.	Dans combien d'expériences la sensibilité a été plus grande à gauche.	Seuil de la douleur à droite (moyennes).	Seuil de la douleur à gauche (moyennes).	Force à droite.	Force à gauche.	Droitier, gaucher ou ambidextre.
Aachten, étudiant	6	4	21,0	19,0	45	40	D
Cerf, étudiant.	3	2	14,7	13,5	—	—	—
Decleene, étudiant	2	2	10,9	9,5	40	43	G
D., professeur.	5	3	23,0	17,2	46	68	G
D. J. (M ^{me}).	5	2	14,0	13,4	—	—	—
D. A. (M ^{me}).	5	2	14,9	14,6	—	—	—
Duprez, étudiant.	2	2	15,0	13,7	34	31	D
Dustin, étudiant	6	5	16,2	13,2	38	32	D

NOMS.	Nombre total d'expériences algébriques.	Dans combien d'expériences la sensibilité a été plus grande à gauche.	Seuil de la douleur à droite (moyennes).	Seuil de la douleur à gauche (moyennes).	Force à droite.	Force à gauche.	Droitier, gaucher ou ambidextre.
Erps (van), étudiant.	2	2	24,5	21,3	37	30	D
Fainberg (M ^{lle}), étudiante. .	3	2	24,2	22,1	—	—	—
Gabrylowitch (M ^{lle}), étudiante.	7	3	17,7	17,6	23	22	A
Geerts, étudiant	6	5	14,6	13,3	45	34	D
Gilson, étudiant	2	2	8,8	7,4	52	37	D
G. M. (M ^{lle}).	1	1	19,2	17,7	—	—	—
Guyot (M ^{lle}), étudiante. . . .	2	2	8,5	7,8	35	33	D
Hendrix, étudiant	2	2	8,7	7,2	58	60	G
Hoegaerden (van), étudiant. .	2	2	10,5	9,9	65	53	D
Huberty, étudiant	7	5	24,3	23,3	40	36	D
Ioteyko (M ^{lle} J.)	20	8	10,7	10,5	27	20	D
Kozlowski, professeur.	1	1	15,9	13,0	—	—	—
Kufferath, étudiant	1	1	7,4	6,9	55	63	G
Lawaesc (M ^{lle}), étudiante. . .	7	6	24,4	22,0	24	20	D
Livain, étudiant	2	2	11,5	10,1	46	40	D
Maingeot, étudiant	2	2	25,4	24,3	60	50	D
Marr (M ^{lle}), étudiante.	8	7	21,8	21,2	24	21	D
Mathieu, étudiant	1	1	9,0	8,6	42	50	G
Morimont, étudiant.	7	7	20,7	16,7	37	45	G
Narracott, étudiant	4	4	17,0	15,6	48	65	G
Neuens, étudiant.	2	2	11,6	10,4	50	42	D
Noël (Jules), étudiant	2	2	15,5	12,4	40	55	G

NOMS.	Nombre total d'expériences algésimétriques.	Dans combien d'expériences la sensi- bilité a été plus grande à gauche.	Seuil de la douleur à droite (moyennes).	Seuil de la douleur à gauche (moyennes).	Force à droite.	Force à gauche.	Droitier, gaucher ou ambidextre.
Neck (Van), étudiant	3	3	23,9	20,4	66	58	D
Peiser (M ^{lle}), étudiante . . .	3	3	9,0	8,9	22	22	A
Renauld, étudiant	4	2	14,0	13,0	55	53	D
Renaux, étudiant	3	3	8,0	6,9	43	38	D
Romain, étudiant	2	2	10,3	9,0	50	40	D
Schoonjans (M ^{lle}), étudiante.	3	2	9,6	9,0	24	27	G
Schouteden, étudiant	5	5	23,7	20,2	38	34	D
Stas, étudiant.	1	1	11,5	10,6	47	60	G
Stefanowska (M ^{lle} M.)	20	19	10,2	8,5	25	21	D
Timmermans, étudiant	5	4	26,0	20,0	40	46	G
Vandenavond, étudiant	4	3	14,7	12,1	44	47	G
Vincert, étudiant	7	4	19,0	17,4	32	33	G
V., professeur.	1	1	31,9	21,8	—	—	G
Verschueren (M ^{lle}), étudiante.	4	2	15,6	15,0	32	24	D
Vlamynck, étudiant.	1	1	10,4	9,6	—	—	—
W. H., avocat.	1	1	18,3	16,0	—	—	—
Weill, étudiant	1	1	15,2	14,4	49	35	D

Résultat général : Il a été fait, sur 47 personnes, 195 expériences algésimétriques de chaque côté (région antérieure de l'avant-bras, face antérieure, côté cubital, au-dessus du poignet) sur la région de choix; sur ce

nombre, 148 fois (dans les trois quarts des cas) la sensibilité a été trouvée plus grande à gauche qu'à droite.

Mais la moyenne individuelle a toujours accusé une sensibilité à la douleur plus grande à gauche qu'à droite, aussi bien pour les droitiers que pour les gauchers. La moyenne générale se prononce donc aussi dans le même sens. La sensibilité à la douleur de la région étudiée est représentée par 16.0 pour la main droite et 14.2 pour la main gauche, c'est-à-dire qu'il faut un enfoncement de 16.0 dixièmes de millimètre pour l'avant-bras droit pour éveiller la douleur, et un enfoncement moindre, de 14.2 dixièmes de millimètre pour éveiller la douleur dans l'avant-bras gauche.

Or, il se trouve que le rapport de 16.0 à 14.2 est environ celui de 10 à 9.

Si l'on représente par 10 la sensibilité à la douleur du côté gauche, le plus sensible, il faut représenter par 9 la sensibilité à la douleur du côté droit, le moins sensible.

Ce rapport est le même que Van Biervliet trouva pour la sensibilité musculaire, auditive, visuelle et tactile; mais, tandis que pour toutes ces sensibilités le rapport chez les gauchers est renversé, nous n'avons pas ce renversement pour la sensibilité à la douleur. Pour la douleur, les droitiers aussi bien que les gauchers sont plus sensibles à gauche, ce qu'on pourrait exprimer en disant que, pour la douleur, nous sommes tous gauchers. Les différences individuelles sont assez grandes, mais il est très curieux de constater que le résultat général s'affirme chez tous les sujets. Cette loi est donc tout à fait générale. Pour la mettre en lumière, il a fallu recourir à la méthode statistique, qui consiste à expérimenter sur un nombre considérable de personnes, car il est presque

impossible de se mettre complètement à l'abri des erreurs individuelles. Pour peu que la région explorée d'un côté est prise 2 ou 5 millimètres plus bas ou plus haut que celle du côté opposé, il en résultera une erreur d'appréciation. Nous devons donc considérer ces résultats comme extrêmement réguliers et précis.

Le nombre des gauchers a été suffisamment grand pour affirmer qu'ils sont aussi soumis aux mêmes lois. Parmi nos gauchers, quelques-uns ne se doutaient pas qu'ils étaient doués d'une force plus grande à gauche qu'à droite. D'autres ont avoué qu'ils étaient gauchers pour la force et, enfin, un petit nombre se sont reconnus gauchers pour la force et pour l'adresse. Mais nous avons enregistré au moins 8 gauchers déclarés.

En parcourant la littérature sur la douleur, nous avons pu constater que quelques observations de ce genre n'avaient pas échappé aux auteurs.

Ainsi, Mac Donald (1894), dans ses recherches sur la mesure de la douleur suivant les différentes classes de la société, les sexes et la nationalité, avait observé que la majorité des individus sont plus sensibles à la douleur de la main gauche que de la main droite. En 1899, Miss Carman, dans ses expériences algésimétriques faites sur les enfants des écoles au moyen de l'algomètre de Mac Donald, observa le même fait pour la tempe gauche, et Swift le confirma en 1900. Nos expériences trouvent donc un appui dans les observations de ces auteurs, bien qu'ils ne nous disent pas si les sujets étaient droitiers ou gauchers. Et, en nous plaçant au point de vue de l'asymétrie sensorielle, nous avons pu donner à ce fait une portée tout à fait générale, l'exprimer par une loi numérique et le trouver valable aussi bien pour les droitiers que pour les gauchers.

Résultats des expériences algésimétriques faites sur les trois personnes plus sensibles à droite qu'à gauche.

NOMS.	Nombre total d'expériences algésimétriques.	Dans combien d'expériences la sensibilité a été plus grande à droite qu'à gauche.	Seuil de la douleur à droite (moyennes).	Seuil de la douleur à gauche (moyennes).	Force à droite.	Force à gauche.	Gaucher ou ambidextre.
Bilande, étudiant	7	4	44,5	45,7	50	50	A
D. A., avocat	4	4	46,7	20,7	—	—	G
K. H., docteur	1	1	48,4	48,9	48	48	A

Quelques remarques relativement à ces trois personnes sont nécessaires. En toute certitude, on peut affirmer que seul Bilande est plus sensible à droite qu'à gauche, car le nombre d'expériences a été suffisamment grand et les évaluations ont été assez régulières. Quant au docteur K. H., il n'a donné qu'une seule expérience, et d'ailleurs la prédominance du côté droit est peu marquée. En ce qui concerne D. A., avocat, nous lisons dans le cahier d'observations vis-à-vis de deux expériences : très fatigué physiquement et intellectuellement. Il est donc très probable que le degré de concentration de l'attention n'a pas été suffisant. Nous ne retranchons pourtant pas ces

expériences, mais leur résultat nous paraît douteux. Il existe cependant un lien commun entre ces trois personnes : ce sont des gauchers ou des ambidextres, et même chez D. A., avocat, la main droite est sensiblement moins développée que la main gauche. Mais ne perdons pas de vue que parmi les personnes plus sensibles à gauche, nous avons eu beaucoup de gauchers, et que chez V., professeur, le développement inégal des deux mains était aussi manifeste en faveur de la main gauche.

Passons maintenant aux personnes insensibles :

1° B., professeur, se laisse transpercer la peau sans accuser de douleur ; parfois accuse une légère douleur à 40° ; est droitier (52° pour la droite, 47° pour la gauche). Il est curieux de constater que la sensibilité tactile, mesurée à l'esthésiomètre, paraît normale.

2° D. J., docteur, est presque insensible à l'algésimètre. Est gaucher au dynamomètre (60° pour la droite, 70° pour la gauche) sans le savoir, mais il est fils et frère de gauchers. Sa sensibilité tactile mesurée à l'esthésiomètre ne s'écarte pas de la normale.

En considérant les 50 personnes sensibles, on voit qu'il est possible de les classer en plusieurs groupes suivant leur sensibilité à la douleur. Dans le premier groupe se rangent, au nombre de 10, les personnes qui ont présenté une sensibilité *fine*, c'est-à-dire au-dessous du chiffre 10. Dans la deuxième catégorie, nous rangerons 18 personnes qui ont présenté la sensibilité dite *moyenne*, c'est-à-dire entre 10 et 15 divisions de l'algésimètre. Dans la troisième catégorie se placent 11 personnes qui ont présenté une sensibilité *médiocre*, c'est-à-dire entre 15 et 20 divisions de l'algésimètre. Enfin, à la quatrième catégorie

appartiennent 11 personnes à sensibilité *obtuse*, c'est-à-dire entre 20 et 28 divisions.

Bien que l'établissement d'une courbe binomiale de la sensibilité paraisse impossible, vu l'insuffisance relative des matériaux, on voit pourtant que les deux extrêmes (sensibilité fine et sensibilité obtuse) s'égalisent au point de vue du nombre des sujets (10 et 11), alors que les sujets doués d'une sensibilité moyenne et médiocre forment un total de 50 personnes.

Le maximum de sensibilité observé a été pour la même région 6.9 (moyenne de dix piqûres); le minimum, de 28 (dans un seul cas on a obtenu 51.9). Les différences individuelles sont donc assez considérables. Woskressensky avait déjà fait remarquer que les différences individuelles sont plus fortes pour la sensibilité à la douleur que pour la sensibilité au contact.

On peut aussi se demander si, en expérimentant sur d'autres régions, on trouvera une sensibilité à la douleur plus grande à gauche. Nous avons suffisamment insisté sur les raisons qui nous ont fait choisir l'avant-bras pour cette étude. Pour les autres régions, à cause même des conditions moins favorables d'expérimentation, on n'obtient pas une régularité des chiffres aussi grande. Et pourtant, dans ses grandes lignes, le rapport reste le même. Il arrive même que chez certaines personnes, l'asymétrie dolorifique, qui était peu accusée à l'avant-bras, devient plus prononcée pour les autres régions.

Voici quelques exemples de cette asymétrie dolorifique :

1. Morimont, pulpe du 4^e doigt, à droite, 18,6; à gauche, 17,5 (deux expériences).

Id., tempe, à droite, 13,7; à gauche, 11,8 (deux expériences).

2. Achten, pulpe du médus, à droite, 16,3; à gauche, 15,7 (trois expériences).
Id., pulpe du 4^e doigt, à droite, 17; à gauche, 15,7 (trois expériences).
3. Gabrylowitch (M^{lle}), qui est à peine plus sensible à gauche pour l'avant-bras, l'est bien davantage pour les autres régions.
Id., pulpe du médus, à droite, 12,5; à gauche, 11.
Id., dos de la main, à droite, 18,1; à gauche, 15,7 (deux expériences).
4. Schouteden, pulpe du médus, à droite, 19,6; à gauche, 17.
Id., pulpe du 4^e doigt, à droite, 17; à gauche, 13,8 (cinq expériences).
5. Verschueren (M^{lle}), pulpe 4^e doigt, à droite, 11,4; à gauche, 10,9 (trois expériences).
Id., dos de la main, à droite, 17; à gauche, 15.
6. Van Erps, pulpe du médus, à droite, 22,2; à gauche, 20,9 (deux expériences).
Id., pulpe du 4^e doigt, à droite, 21,9; à gauche, 20,3.
7. Timmermans, pulpe du médus, à droite, 21; à gauche, 20 (deux expériences).
Id., pulpe du 4^e doigt, à droite, 26,1; à gauche, 20,6 (trois expériences).
Id., dos de la main, à droite, 25; à gauche, 22 (cinq expériences).
Id., tempe, à droite, 26; à gauche, 23,5 (trois expériences).
8. Vincent, pulpe du médus, à droite, 22,4; à gauche, 21,6 (deux expériences).
Id., pulpe du 4^e doigt, à droite, 19,2; à gauche, 17,5 (quatre expériences).
9. Huberty, dos de la main, à droite, 17,7; à gauche, 16 (six expériences).
10. Fainberg (M^{lle}), tempe, à droite, 24; à gauche, 20,4.
11. Marr (M^{lle}), dos de la main, à droite, 18,4; à gauche, 16,3 (cinq expériences).
Id., tempe, à droite, 16,1; à gauche, 13,5 (deux expériences).
Id., pulpe du 4^e doigt, à droite, 18; à gauche, 16.

Il existe encore une autre raison qui nous permet d'affirmer que, chez presque tous les sujets, la sensibilité à la douleur est bien plus accentuée à gauche qu'à droite. C'est la *qualité* de la douleur. Dès qu'une région est plus sensible qu'une autre, non seulement le seuil paraît beaucoup plus douloureux, mais l'aiguille paraît plus fine. Il est rare que le sujet interrogé sur le point de savoir de quel côté la douleur lui a paru la plus vive, ne réponde que c'est du côté gauche. En examinant les sujets, même de loin, après l'expérience faite de chaque côté, on acquiert la même conviction : les sensations consécutives (picotements, démangeaisons, etc.) étant plus fortes du côté plus sensible, le sujet est en train de frotter, de masser activement la région endolorie. Or, c'est toujours le côté gauche qui est le siège de cette manœuvre.

Les sensations internes des sujets fournissent donc des indications de première importance, et qui viennent compléter les indications algésimétriques dans le même sens.

A ce point de vue, les gauchers ont accusé les mêmes sensations que les droitiers.

D'ailleurs, les chiffres obtenus du côté gauche sont non seulement plus bas, mais aussi *plus réguliers* que ceux obtenus du côté droit, et c'est là aussi un signe de sensibilité plus affinée.

Bien que le résultat général des expériences se prononce dans le même sens pour les gauchers et pour les droitiers, nous avons voulu nous rendre compte si, chez les gauchers, le rapport restait le même. En comparant la sensibilité à la douleur des deux côtés, chez 10 gauchers que nous avons étudiés le mieux, nous avons trouvé que ce rapport s'exprimait par un chiffre extrêmement

rapproché de celui qui est caractéristique chez les droitiers, et même la concordance est frappante. Comme le nombre des gauchers n'est pas suffisant pour établir un rapport mathématique, nous nous contenterons de dire que, chez nos sujets, les gauchers se sont comportés comme les droitiers et n'ont présenté aucun écart de la règle générale.

Bien que tous les sujets (excepté un) se soient montrés plus sensibles à gauche qu'à droite, il existe néanmoins des différences individuelles assez considérables. On peut se demander s'il existe quelque relation entre le chiffre qui exprime chez chaque individu le rapport entre la force des deux mains et le chiffre qui exprime le rapport entre la sensibilité à la douleur. Autrement dit, chez ceux qui présentent une grande différence entre la force des deux mains (droitiers ou gauchers prononcés), ne trouverons-nous pas aussi une grande différence entre la sensibilité des deux côtés?

Nous avons examiné ces deux quotients chez 50 personnes (droitiers et gauchers), en divisant toujours le chiffre le plus fort par le chiffre plus faible. Dans quelques cas, nous avons trouvé que le rapport de la force est exactement le même que celui de la sensibilité à la douleur. Mais, sans qu'il y ait identité complète, on peut affirmer que dans la moitié des cas ces deux rapports sont très rapprochés. Dans la seconde moitié des cas, il n'existe aucune relation entre le rapport qui exprime la prédominance unilatérale de la force et le rapport qui exprime la prédominance unilatérale du sens de la douleur. Ici encore, les gauchers ne se distinguent en rien des droitiers. Ceci montre que l'asymétrie douloureuse, bien qu'affectant le même rapport (de 9 à 10) que les

autres sensibilités, est sujette à plus de variations individuelles et présente une indépendance plus grande à l'égard du sens musculaire.

II. — *Topographie dolorifique de quelques régions.*

Nous avons mesuré la sensibilité dolorifique de cinq régions : 1° tempe; 2° avant-bras (région indiquée précédemment); 3° pulpe du quatrième doigt; 4° dos de la main (troisième espace interosseux); 5° pulpe du médius.

La région temporale est la plus sensible. Contrairement à ce qu'on observe pour le tact, la pulpe des doigts n'est pas douée d'une grande sensibilité à la douleur. La topographie de ces deux sensations n'est pas parallèle.

Nous donnons ci-dessous la valeur du seuil pour ces cinq régions. Le seuil pour chaque personne est exprimé par la moyenne des expériences du côté droit et du côté gauche.

Le seuil de la douleur est mesuré en dixièmes de millimètre d'enfoncement de la pointe de l'algésimètre dans la peau.

Chaque expérience comprend 10 piqûres.

1. — AVANT-BRAS (voir le tableau, p. 225).

Moyenne générale de 195 expériences à droite et de 195 expériences à gauche, faites sur 47 personnes. Valeur moyenne du seuil = 15.1.

2. — PULPE DU MÉDIUS.

NOMS.	Nombre d'expériences.	Valeur moyenne du seuil.	NOMS.	Nombre d'expériences.	Valeur moyenne du seuil
Morimont.	4	20	Gabrylowitch (M ^{lle}) .	2	12
Aachten	6	16	Schouteden.	2	18
Erps (van)	4	21,5	Verschueren (M ^{lle}) .	2	13
Vincent	4	22	Timmermans	4	20,5
			Huberty.	2	20,5

Valeur moyenne du seuil : 18,4.

3. — PULPE DU QUATRIÈME DOIGT.

NOMS.	Nombre d'expériences.	Valeur moyenne du seuil.	NOMS.	Nombre d'expériences.	Valeur moyenne du seuil.
Morimont	4	18	Schouteden	8	15,4
Aachten	6	15	Verschueren (M ^{lle}) .	4	11,2
Erps (van)	2	21	Timmermans	6	23,4
Vincent	8	18,7	Fainberg (M ^{lle}) . . .	2	20,4
Lawaese (M ^{lle})	4	17,3	Marr (M ^{lle})	2	16,9

Valeur moyenne du seuil = 17,7.

4. — DOS DE LA MAIN.

(3^e espace interosseux.)

NOMS.	Nombre d'expériences	Valeur moyenne du seuil.	NOMS.	Nombre d'expériences	Valeur moyenne du seuil.
Aachten	12	16,3	Gabrylowitch (M ^{lle}) .	4	16,9
Schouteden	12	20,0	Verschueren (M ^{lle}) .	2	16,0
Erps (van).	12	18,5	Timmermans	10	23,5
Vincent	12	16,3	Huberty	12	16,8
Marr (M ^{lle})	10	17,3			

Valeur moyenne du seuil = 18.

5. — TEMPE.

NOMS.	Nombre d'expériences	Valeur moyenne du seuil.	NOMS.	Nombre d'expériences.	Valeur moyenne du seuil.
Morimont.	4	12,7	Aachten	6	13,3
Gabrylowitch (M ^{lle}) .	4	13,0	Schouteden.	6	12
Timmermans	6	25	Vincent	6	17
Fainberg (M ^{lle}) . . .	2	22	Lawaese (M ^{lle}). . . .	4	11,7
Bilande	3	10	Marr (M ^{lle})	4	14,8
Noël (Jules)	3	9,6	Narracott	2	15,8
Mathieu	1	8,8	Peiser (M ^{lle})	1	15,3
Schoonjans (M ^{lle}) . .	2	10,4	Stas	1	16,6
Golante (M ^{lle})	1	16,0			

Valeur moyenne du seuil = 14,4.

**Tableau général de la sensibilité dolorifique
de cinq régions.**

Le seuil de la douleur est mesuré en dixièmes de millimètre d'enfoncement de la pointe de l'algésimètre dans la peau. Chaque expérience comprend 10 piqûres.

RÉGION.	NOMBRE de sujets.	NOMBRE d'expériences.	VALEUR moyenne du seuil.
<i>Tempe</i>	47	56	44,4
<i>Avant-bras (face antérieure, côté cubital, au-dessus du poignet)</i>	50	400	45,1
<i>Pulpe du quatrième doigt.</i>	40	46	47,7
<i>Dos de la main (troisième espace interosseux) . .</i>	9	86	48,0
<i>Pulpe du médius . . .</i>	9	30	48,4

Nombre total d'expériences : 648, soit 6,480 piqûres.

**III. — Sensibilité à la douleur chez l'homme
et chez la femme.**

Parmi les cinquante-deux personnes étudiées, nous rencontrons treize femmes. Ce nombre n'est pas suffisant pour permettre des généralisations, mais nos observations peuvent constituer une contribution à l'étude de la douleur suivant les sexes.

La sensibilité à la douleur est-elle plus grande chez l'homme que chez la femme? On peut interroger les chiffres et les observations à cet égard de plusieurs façons. Tout d'abord, on peut comparer la moyenne générale du seuil chez l'homme et chez la femme. Cette comparaison montre que le seuil de la douleur est un peu plus bas chez la femme, elle est donc plus sensible. Mais, en réalité, la différence n'est pas très grande. La femme est aussi plus symétrique que l'homme par rapport à la douleur (1).

On peut encore examiner la sensibilité d'après le classement des différentes sensibilités. On voit alors que tandis que la sensibilité dite *obtuse* se rencontre presque aussi souvent chez la femme (25 %) que chez l'homme (22 %), et qu'il en est de même pour la sensibilité dite *médiocre* (25 % de femmes et 22 % d'hommes), la sensibilité dite *moyenne* est bien plus fréquente chez l'homme (40 %) que chez la femme (25 %); mais, en revanche, la sensibilité dite *fine* est deux fois plus fréquente chez la femme (30 %) que chez l'homme (16 %). La femme l'emporte donc en finesse. Mais, nous le répétons, ces résultats sont très incomplets, vu le nombre insuffisant de sujets femmes.

Un troisième signe objectif de la sensibilité à la douleur plus grande chez la femme est la régularité des chiffres qui expriment chez elle le seuil de la douleur. C'est là un signe de très grande importance, qui permet

(1) Cette symétrie plus grande de la femme par rapport à la douleur montre que chez elle il y a tendance à l'égalisation des deux mains. Mais c'est la gauche qui reste toujours plus sensible.

d'affirmer d'une façon certaine que la femme est plus sensible.

Enfin, chez la femme, les sensations du seuil sont plus aiguës et l'endolorissement consécutif de la région est plus considérable.

On sait que la sensibilité dolorifique et tactile de la femme a été étudiée par plusieurs expérimentateurs. Tandis que Sergi, Lombroso, Féré, Havelock Ellis, Patrick, Ottolenghi considèrent la femme comme moins sensible que l'homme, Galton, Mantegazza, Dehn, Fouillée, Swift, Mac Donald, miss Carman la considèrent comme plus sensible.

Galton a mesuré la sensibilité tactile (au moyen de l'esthésiomètre) dans la région de la nuque chez 932 hommes et 577 femmes. L'écart minimum à donner aux deux pointes du compas pour obtenir une sensation double est pour les hommes de 15^{mm},8; pour les femmes, de 11^{mm},8. Ce rapport est à peu près celui de 6 à 7. D'après Dehn, les femmes sont plus sensibles que les hommes pour la douleur, les excitations électriques, les sensations gustatives et thermiques (52 personnes en tout). Pour les sensations olfactives, Toulouse et Vaschide, en expérimentant sur un nombre considérable de sujets, ont trouvé une supériorité esthésique prononcée chez la femme quant au sens de l'olfaction.

Ottolenghi, qui a expérimenté sur un nombre considérable de sujets, s'est servi, pour produire la douleur, du faradimètre Edelman, appareil introduit par Lombroso dans l'algométrie (1). On mesurait la résistance à

(1) Pour les critiques concernant cet instrument, voir : MANTEGAZZA, *Physiologie de la douleur*.

la douleur, trahie par l'expression du visage. La femme résiste mieux à la douleur que l'homme. L'auteur en conclut qu'elle *ressent* la douleur moins vivement que l'homme. Ce qui est certain, c'est que par un effort de volonté, la femme peut résister à un voltage extraordinaire, par exemple à 230 volts, alors que la sensibilité moyenne est à 20 volts. Rien de semblable ne s'est produit chez les hommes. Le plus grand effort de volonté n'a jamais permis aux sujets hommes de dépasser de plus de 10 volts leur résistance ordinaire à la douleur.

En lisant ces expériences, on comprend le bien fondé des critiques opposées par Mantegazza au faradimètre comme mesureur de la douleur; en réalité, il ne mesure pas la douleur, mais seulement la résistance au courant faradique. Ottolenghi nous a montré, en outre, qu'il sert à mesurer encore l'effort de la volonté (1).

L'algésimètre, instrument apte à mesurer le seuil de la douleur, a constamment montré une sensibilité à la douleur plus grande chez la femme que chez l'homme (Mac Donald, Carman, Swift).

(1) Si l'expérimentation d'Ottolenghi est sujette à de nombreuses critiques, son raisonnement l'est encore bien davantage. L'auteur constate que la sensibilité tactile est plus grande chez la femme que chez l'homme. « Mais, dit-il, la moindre sensibilité de la femme à la douleur constitue, à n'en pas douter, un caractère d'infériorité que ne saurait racheter la supériorité de la sensibilité générale. »

IV. — *Variations fonctionnelles de la sensibilité à la douleur.*

1. — *Influence de la fatigue intellectuelle.*

Les premières recherches à cet égard sont dues à Vannod (1897), qui s'est posé la question de savoir si la fatigue intellectuelle exerce une influence sur la perception des sensations douloureuses. L'auteur examina parallèlement la sensibilité tactile et la sensibilité dolorifique des élèves avant et après les classes, en se servant d'un esthésiomètre et d'un algésimètre à poids. La fatigue intellectuelle produit des effets opposés sur la sensibilité tactile et sur la sensibilité à la douleur; tandis que la première est atténuée, la seconde est exaltée. La fatigue intellectuelle produit de l'hypoesthésie accompagnée d'hyperalgésie. L'auteur rappelle à ce propos la définition de l'hyperesthésie donnée par Weir Mitchel : « L'hyperesthésie est une exaltation de la sensibilité à la douleur qui peut coïncider et qui coïncide ordinairement avec une diminution de l'acuité du toucher ou même avec l'obscurcissement complet de cette faculté. » Le fait se présente souvent dans l'hystérie, et, d'autre part, la même maladie peut donner lieu à de l'analgésie accompagnée de la conservation de la sensibilité tactile. La dissociation de ces deux sensibilités est donc fréquente et se rencontre encore dans beaucoup d'autres circonstances (action des anesthésiques, etc.).

Ces expériences furent reprises récemment aux États-Unis par Edgar Swift (1900), qui, en se servant de l'algomètre temporel de Mac Donald, mesura le seuil de la

sensibilité à la douleur des élèves avant et après les classes, puis après un congé de dix jours. Le travail intellectuel produit une hyperalgésie manifeste. La fatigue intellectuelle, mesurée à l'algésimètre, produit une influence plus considérable sur les jeunes enfants que sur les jeunes gens. Les jeunes gens âgés de 14 à 20 ans présentent des oscillations bien moins accentuées que les garçons et les filles de 10 à 14 ans. Les filles sont plus sensibles que les garçons et ressentent davantage les effets de la fatigue intellectuelle. D'après Swift et aussi d'après Carman, le sens de la douleur diminue avec l'âge, et les enfants plus intelligents sont plus sensibles à la douleur que les enfants moins intelligents.

Ces expériences présentent un grand intérêt, car elles montrent l'antagonisme qui peut exister entre la sensibilité tactile et la sensibilité dolorifique. Il paraît certain que les variations du tact relèvent d'une autre cause que les variations de la sensibilité à la douleur. L'anesthésie cutanée est certainement due à une atténuation de l'attention sous l'influence de la fatigue intellectuelle. L'hyperalgésie est l'effet d'un état d'irritation presque malade du système nerveux, qui s'établit après de grands efforts de l'attention.

Les expériences des auteurs mentionnés n'ont porté que sur les enfants des écoles. Il serait intéressant de compléter ces expériences sur les adultes. Aussi avons-nous fait quelques expériences sur nous-mêmes.

En premier lieu, nous avons examiné notre sensibilité à la douleur (avant-bras) pendant vingt jours consécutifs, le matin et le soir, après toute une journée de travail. Chaque fois, on a examiné la sensibilité à droite et à

gauche, ce qui fait vingt expériences de chaque côté pour chaque personne.

		MOYENNE GÉNÉRALE.	
		Matin.	Soir.
M. S. . . .	Droite . .	10,40	10,11
	Gauche . .	8,6	8,45
J. I. . . .	Droite . .	10,79	10,57
	Gauche . .	10,20	11,00

Nous voyons ainsi qu'il n'existe pour ainsi dire pas de différence entre la sensibilité du matin et celle du soir, et même, on est frappé de la grande régularité des chiffres. Examinons maintenant le détail des chiffres :

M. S., 1^{er} février 1902. — Sensibilité beaucoup plus fine que normalement, surtout à gauche. Droite, matin, 9,7 ; gauche, matin, 6,1. Droite, soir, 9 ; gauche, soir, 9,3. Ce jour, les piqûres étaient senties extrêmement fort et donnaient lieu à des irradiations dans la tête. La douleur est beaucoup moins vive pour la main droite, malgré les chiffres plus élevés.

31 janvier. — Fatigue ; le matin, la sensibilité paraît très grande, surtout à gauche. Le soir, état reposé ; la sensibilité est beaucoup moins grande.

2 février matin. — Droite, 11,1 ; gauche, 9,9, donc sensibilité assez atténuée. Cette sensibilité correspond à un état reposé ; les piqûres ne paraissent pas très douloureuses.

Assez souvent pendant l'expérience et immédiatement après, le sujet est pris d'un mal de tête passager, localisé à la bosse pariétale d'un côté, plus souvent à droite. A la main, pas de douleur consécutive, mais irritation de la peau, démangeaisons.

9 février, dimanche matin, après repos du samedi soir : droite = 12,2; gauche = 9. La sensibilité est donc assez obtuse. Le soir du même jour (après repos) : droite = 10,4; gauche = 8,1. La sensibilité est très douloureuse, surtout à gauche. Elle est comparable à une piqure d'abeille.

J. I., 9 février, dimanche matin, bien reposée. Droite = 11; gauche = 14. Sensibilité atténuée.

Environ toutes les deux expériences, on trouve un point insensible à la douleur. Ce point sent très bien le contact, la température et la pression, de même que la tension de la peau qui accompagne la pénétration de l'aiguille. La douleur n'apparaît que vers 30 ou 40, et encore est-elle très obtuse.

L'examen détaillé des expériences où l'état psychique a été noté nous montre, par conséquent, que l'état reposé s'accompagne d'une sensibilité à la douleur plus obtuse, tandis que l'état de fatigue est accompagné d'hyperalgésie. Toutefois, ces variations sont assez faibles, et il est fort probable que les adultes ne sont pas si sensibles aux variations du sens de la douleur que les enfants. D'ailleurs Swift et aussi Carman ont montré que, dans le jeune âge, les oscillations de la douleur sont plus accentuées que dans l'adolescence; il est possible qu'elles le soient encore moins à l'âge adulte.

Mais à côté de ces expériences journalières, nous avons encore mesuré notre sensibilité dans certaines circonstances où la fatigue intellectuelle était extrêmement prononcée.

J. I. (1). Expérience du 16 mai 1902, à 6 heures du soir, après avoir fait tout l'après-midi des calculs. La fatigue intellectuelle est extrêmement forte et accompagnée d'irritabilité du système nerveux.

Moyenne de 10 piqures à droite = 15,6.

Moyenne de 10 piqures à gauche = 16,5.

J. I. (2). Expérience du 17 mars Grande fatigue intellectuelle qui, après l'expérience, est arrivée à son comble et a provoqué une crise de bâillement.

Moyenne de 10 piqûres à droite = 16,1.

Moyenne de 10 piqûres à gauche = 15,1.

M. S. (1). Expérience du 16 mai 1902. Grande fatigue intellectuelle.

Moyenne de 10 piqûres à droite = 11,3 }
Moyenne de 10 piqûres à gauche = 10,0 } Les piqûres sont peu senties.

M. S. (2). Expérience du 17 mars. Grande fatigue intellectuelle.

Moyenne de 10 piqûres à droite = 12,2.

Moyenne de 10 piqûres à gauche = 9,3.

M. S. (3). 18 mars. Fatigue intellectuelle.

Moyenne de 10 piqûres à droite = 11.

Moyenne de 10 piqûres à gauche = 10,2.

Les piqûres sont très peu senties.

Ces quelques procès-verbaux nous montrent donc un fait très curieux, c'est que la fatigue intellectuelle très prononcée s'accompagne d'hypoalgésie. Ainsi, le seuil de la douleur, qui est pour M. S. de 10.1 pour la main droite dans les conditions normales, s'élève à 11.5 pendant une fatigue intellectuelle très prononcée; étant de 8.5 pour la main gauche, il s'élève à 10 pour cette main. Quant à J. I., le seuil de la douleur étant de 10.7 pour la droite et de 10.5 pour la gauche, s'élève à 15.9 et à 15.8.

Nous devons donc conclure de ces expériences que la fatigue intellectuelle modérée, mais déjà très appréciable, produit une augmentation de la sensibilité à la douleur, tandis qu'une fatigue extrêmement prononcée produit une diminution de la sensibilité à la douleur. Le sens de la douleur est donc soumis aux mêmes oscillations que tous les autres phénomènes relevant des lois de l'excita-

bilité. Les agents qui agissent faiblement produisent une augmentation d'excitabilité, alors que, pour une forte action, nous obtenons des phénomènes de dépression.

Il paraît très probable que l'hyperalgésie constatée chez les enfants sous l'influence de la fatigue intellectuelle est due précisément au peu d'intensité de leur fatigue. Une grande fatigue intellectuelle ne peut être réalisée que par un grand effort de la volonté; aussi ne l'observe-t-on pas chez les jeunes enfants, suivant la remarque de Charcot.

2. — Influence de l'inanition.

Inanition et épuisement. — J. I. (1). Expérience du 11 février 1902. A midi, état d'inanition cérébrale assez bien prononcé. Les piqûres sont peu senties; la douleur consécutive est presque nulle. Quelques points insensibles.

Moyenne de 10 piqûres à droite = 12,9.

Moyenne de 10 piqûres à gauche = 15,0.

A 2 heures, une heure après le repas, sensibilité normale.

Moyenne de 10 piqûres à droite = 11,3.

Moyenne de 10 piqûres à gauche = 10,8.

J. I (2). Expérience du 25 avril. Épuisement printanier. Points insensibles.

Moyenne de 10 piqûres à droite = 16,5.

Moyenne de 10 piqûres à gauche = 15,3.

M. S. (1). 11 février. A midi, inanition, obnubilation cérébrale (signes d'anémie cérébrale). Léger mal de tête. Les piqûres sont peu senties.

Moyenne de 10 piqûres à droite = 15,1.

Moyenne de 10 piqûres à gauche = 10,6.

A 2 heures, une heure après le repas, piqûres beaucoup mieux senties.

Moyenne de 10 piqûres à droite = 10,1.

Moyenne de 10 piqûres à gauche = 9,3.

Nous voyons ainsi que la sensibilité à la douleur est fortement diminuée dans l'inanition et l'épuisement, ce qui cadre bien avec l'atténuation de la sensibilité dolorifique dans la fatigue intellectuelle. Tous ces processus s'accompagnent d'un certain degré d'anémie cérébrale.

Dans certains cas, nous avons aussi constaté une diminution de la sensibilité à la douleur dans le mal de tête (migraine) et une exagération dans la fièvre (influenza).

3. — Influence locale du chaud et du froid.

C'est un fait bien connu que le froid engourdit le sens de la douleur. L'action de la chaleur est moins connue. Nous avons étudié ces actions au moyen de l'algésimètre.

1. DUPREZ (avant-bras)	à droite	15,0,	à gauche	13,7
Après application de sable chaud sur la				
région	à droite	13,9,	—	8,7

DIFFÉRENCE. . . à droite + 1,1, à gauche + 5,0

Après l'application du sable chaud, le sujet n'éprouve aucune différence dans la qualité de la douleur à droite. Mais les piqûres paraissent beaucoup plus fortes à gauche, même normalement, mais surtout après l'application du sable chaud.

2. NARRACOTT (avant-bras)	à droite	19,0,	à gauche	15,6
Après application de sable chaud, —		16,9,	—	15,8

DIFFÉRENCE. . . à droite + 2,4, à gauche — 0,2

La douleur paraît plus vive à droite. Le sujet est gaucher.

3. BILANDE (avant-bras)	à droite 14,5, à gauche 15,7
Après application de compresse chaude, —	14,0, — 13,2

DIFFÉRENCE . . . à droite 0,5, à gauche 2,5

BILANDE (avant-bras).

Après application de sable chaud. .	à droite 13,2, à gauche 15,5
-------------------------------------	------------------------------

DIFFÉRENCE. . . à droite 1,3, à gauche 0,2

Le sujet éprouve une sensation très aiguë à droite (la sensibilité est chez lui normalement plus grande à droite).

4. NOËL (avant-bras).	à droite 15,45, à gauche 12,4
1) Après application de compresses chaudes —	12,3, — 8,4
2) Sable chaud	— 13,4, — 9,4

Le résultat général est donc une augmentation de la sensibilité à la douleur sous l'influence de la chaleur.

Ces expériences ne sont d'ailleurs que préliminaires, car pour étudier l'influence de la chaleur sur les nerfs de la douleur, il faudrait connaître exactement la température communiquée à la région, ainsi que le temps d'application de la chaleur. D'ailleurs, chez d'autres sujets, nous avons observé dans certains cas une diminution de la sensibilité, sans pouvoir reconnaître si elle est réelle ou si elle est due à une expérimentation défectueuse.

Quant à l'action du froid, nous possédons une seule expérience bien décisive : J. I., 11 février 1902. Application de glace fondante et de neige sur la région de

l'avant-bras. La région devient douloureuse et pâle. On commence l'expérience quand la douleur a cessé. Les piqûres sont très peu senties; on sent le contact et la tension, mais pas de température.

Moyenne de 10 piqûres à gauche = 23,3

Après 5 minutes. = 19,0

Après 10 minutes = 20,0

L'action hypoalgésique du froid s'est montrée très manifeste.

4. — Action du menthol sur les nerfs cutanés.

C'est à Goldscheider que nous devons l'introduction du menthol dans l'étude de la psychologie de la peau. Le menthol a acquis une certaine popularité sous la forme du « crayon antimigraine »; il suffit de se frotter pendant quelques instants le front avec un crayon menthol-lanoline pour éprouver une sensation de froid très intense. On pourrait croire que cette sensation est due à l'évaporation de menthol, qui agirait, comme l'alcool ou l'éther, en application locale, en produisant le froid par soustraction de calorique à la peau. Il n'en est rien cependant. Goldscheider a montré, en effet, que la température locale de la région mentholisée ne subit aucun abaissement. Au contraire, il arrive même que la température locale s'élève légèrement à la suite du frottement de la peau, et pourtant la sensation de froid apparaît tout aussi nette.

Le frottement produit par un crayon de lanoline pure produit aussi une élévation de température de 1 à 2°.

D'ailleurs, la sensation de froid se produit tout aussi bien si l'on empêche l'évaporation du menthol. L'auteur explique la sensation de froid par l'excitation chimique des nerfs du froid par le menthol. On sait que depuis les recherches de Goldscheider, l'existence de points sensibles au chaud et d'autres points sensibles au froid est un fait reconnu exact par tous les expérimentateurs. Ces points ne réagissent qu'aux excitants adéquats, suivant la loi de l'énergie spécifique; les points chauds par une sensation de chaleur, les points froids par une sensation de froid.

Ces points de température sont complètement anesthésiés vis-à-vis de la pression et de la douleur; ils sont même anesthésiés à l'égard de la douleur thermique; celle-ci est ressentie par les points de douleur. Quelle que soit l'excitation portée sur ces points, elle ne peut produire qu'un seul genre de sensation (froid ou chaud). Or, le menthol possède la propriété remarquable d'agir chimiquement sur les nerfs du froid et de les hyperesthésier à tel point qu'ils réagissent par une sensation de froid. Ce qui vient encore confirmer cette opinion, c'est que les nerfs mentholisés réagissent aussi par une sensation de froid au simple contact. Ainsi, l'attouchement de la région mentholisée est suivi d'une sensation de froid très intense, même par les objets qui ne sont pas froids, ainsi par les doigts mêmes du sujet. Le doigt porté à la région mentholisée semble être un doigt de glace. Cette sensation de froid est poussée à son plus haut terme dans le contact avec les métaux. D'ailleurs cette hyperesthésie pour le froid se laisse mesurer directement par un abaissement du seuil de la sensation de froid, grâce aux mesures faites par l'excita-

teur punctiforme de Goldscheider, et aussi par une augmentation de l'intensité de la sensation pour le même seuil.

Cette action excitante du menthol sur les nerfs de la température est tellement forte, qu'elle peut rendre la sensibilité aux nerfs rendus artificiellement insensibles. Ainsi, l'acide phénique produit une anesthésie complète du sens de la température; mais la sensibilité au froid est recouvrée sous l'action du menthol.

Le menthol conduit les nerfs du froid à un état qui est tout le contraire du refroidissement. Sous l'influence du froid, l'excitabilité au froid diminue; un objet froid paraît indifférent pour la peau refroidie. Nous venons de voir que le menthol excite au contraire les nerfs du froid, au point qu'ils réagissent par une sensation spécifique de froid au simple contact.

Il arrive quelquefois que l'application du menthol est accompagnée de picotements, et même de brûlure, au point de devenir douloureuse. Goldscheider pense que le menthol n'agit pas exclusivement sur les nerfs du froid, mais qu'il agit aussi sur les nerfs du chaud; seulement on a l'habitude de l'appliquer au front en raison de la peau délicate de la région. Or, il se trouve que le front est une région où les nerfs du froid sont en prédominance sur les nerfs du chaud. Mais si l'on choisit une région où ce rapport est renversé (paupière), on obtient une sensation de chaud très nette.

Nous avons étudié l'influence comparée du menthol sur la sensibilité au froid, à la douleur et au contact. Nous avons cru de cette façon fournir quelques nouvelles données sur la dissociation de ces sensibilités. Goldscheider ne donne presque aucun renseignement à ce sujet; il

se contente de dire que l'action finale du menthol est une diminution des sensibilités; le sens de la température est presque complètement aboli (paralyisie des nerfs après excitation); la douleur et le tact sont diminués, mais non abolis.

Grâce à l'algésimètre, il nous a été possible d'étudier toutes les oscillations du sens de la douleur sous l'influence du menthol. Cette étude nous est apparue d'autant plus attrayante, que le menthol est employé communément comme crayon antimigraine; il possède donc des propriétés analgésiantes. L'action analgésiante du menthol est-elle donc si tardive à apparaître? D'autre part, cette action analgésiante nécessite aussi une explication. Du moment que le menthol ne produit pas de refroidissement, ce n'est pas par soustraction de calorique qu'il agit en insensibilisant les nerfs de la douleur. Nous admettons que le froid agit en soustrayant du calorique à la peau; cette influence exerce un effet déprimant sur les nerfs de la douleur, qui probablement ne peuvent bien fonctionner qu'à une certaine température. Ceci explique l'action calmante de la réfrigération (application de glace, pulvérisation d'éther). Mais nous venons de voir que le menthol ne produit pas de réfrigération, et par cela même son action analgésiante est due à une autre cause. Et cette cause ne peut être que d'ordre chimique.

Ces expériences ont été faites sur 15 personnes.

La première série d'expériences a trait à l'influence du menthol sur la sensibilité à la douleur, et a été faite en collaboration avec MM. Bilande, Narracott et Noël (Jules), élèves du laboratoire de psychologie.

Expérience du 17 mars 1902. Mentholisation légère.

1. BILANDE (tempe gauche). Moyenne de 10 piqûres . . .	= 9,7
Immédiatement après mentholisation. Moyenne de	
10 piqûres	= 10,6
Trois minutes après. Moyenne de 10 piqûres.	= 11,2

Après application du menthol, le sujet sent très bien le contact de l'appareil et la température froide de la pointe, mais la piqûre est peu accentuée.

2. NOËL (tempe gauche). Moyenne de 10 piqûres	= 10,9
Une minute après friction au crayon. Moyenne de	
10 piqûres	= 11,4
Cinq minutes après. Moyenne de 10 piqûres	= 12,3

Après friction, le sujet semble sentir un corps interposé entre la peau et l'algésimètre. Déjà 15 minutes après l'expérience, est atteint de migraine dans les tempes. Elle persiste trois jours.

3. NARRACOTT (tempe gauche). Moyenne de 10 piqûres .	= 16,0
Tout de suite après mentholisation. Moyenne de	
10 piqûres	= 22,4
Cinq minutes après. Moyenne de 10 piqûres.	= 22,7

Le sujet sent très bien le froid produit par le contact de l'instrument. La piqûre produit très peu de douleur. Le frottement avec le crayon a été plus intense que chez les deux sujets précédents.

Expérience du 22 mars. Mentholisation forte.

1. BILANDE (tempe gauche). Avant. Moyenne de 10 pi-
 qûres = 10,5
- Tout de suite après mentholisation et encore avant la
 sensation de froid, qui n'apparaît que vers la 8^e pi-
 qûre. La douleur va en diminuant. Moyenne de
 10 piqûres = 13,8
- Après 5 minutes, picotement. Moyenne de 10 piqûres. = 15,1
- Après 15 minutes, le froid diminue. Moyenne de
 10 piqûres = 13,2
- Après 30 minutes, le froid est très léger. Moyenne de
 10 piqûres = 12,3
- Après 1 heure, plus de froid. Moyenne de 10 piqûres. = 9,5
- Après 1 heure 20 minutes. — — . = 10,3
2. NOËL (tempe gauche). Avant. Moyenne de 10 piqûres . = 9,0
- Immédiatement après mentholisation et avec froid.
- Moyenne de 10 piqûres = 13,7
- Après 5 minutes, picotement. Moyenne de 10 piqûres. = 12,4
- Après 15 minutes, le froid est léger. Moyenne de
 10 piqûres = 8,9
- Après 40 minutes, plus de froid, sensation de tiédeur.
- Moyenne de 10 piqûres = 9,4
- Après 50 minutes, état normal. Moyenne de 10 piqûres = 10,4
- Après 1 heure 10 minutes. Moyenne de 10 piqûres . . = 9,4

Dans les expériences où la sensibilité à la douleur est diminuée, les piqûres sont moins bien senties. Le retour

de la sensibilité s'accompagne d'une finesse de perception toute subjective.

3. NARRACOTT (tempe gauche). Avant. Moyenne de 10 piqûres.	= 15,6
Frottement au menthol, léger froid. Moyenne de 10 piqûres	= 22,9
Après 5 minutes, picotements et froid. Moyenne de 10 piqûres	= 24,4
Après 15 minutes, le froid est diminué. Moyenne de 10 piqûres	= 18,9
Après 45 minutes, plus de froid. Moyenne de 10 piqûres.	= 14,4
Après 1 heure. Moyenne de 10 piqûres	= 14,3
4. SCHOUTEDEN (tempe gauche). Avant. Moyenne de 10 piqûres	= 7,9
Mentholisation, froid et picotement. Moyenne de 10 piqûres	= 9,3
Après 5 minutes. Moyenne de 10 piqûres	= 10,3
Après 15 minutes, froid diminué. Moyenne de 10 piqûres	= 8,3

Expérience du 24 mars.

1. Bilande. Tempe gauche.

Après application du menthol, il faut arriver jusqu'à 20 pour produire la douleur. On ne continue pas par crainte de léser un vaisseau, l'analgésie ne fournissant aucun avertissement sur la pression exercée. La peau paraît durcie. L'insensibilité débute avant la sensation de froid.

Cette première série d'expériences se prononce d'une façon très nette. Bien que nous n'ayons pas mesuré le seuil de la sensibilité thermique, nous pouvons consi-

dérer la sensation de froid produite par le menthol comme le signe caractéristique de l'excitation de ces nerfs. Et nous voyons que le menthol exerce une action analgésiante très manifeste et que celle-ci débute même avant la sensation de froid.

La deuxième série d'expériences a été faite sur 11 élèves du laboratoire et a trait à l'influence comparative du menthol sur le sens du froid, de la douleur et du toucher. Le sens du froid est mesuré par la sensation spécifique de froid ressentie après le frottement de la peau au moyen du menthol; la douleur est examinée par l'algèsimètre, et le sens du toucher au moyen de l'esthésiomètre à ressort.

L'expérience consistait à mesurer la sensibilité douloureuse et tactile de la tempe gauche avant l'application du menthol. Puis, après que le sujet s'était frotté la tempe plus ou moins longtemps suivant le cas (quelques secondes à deux minutes) avec le crayon menthol-lanoline, on examinait alternativement et plusieurs fois la sensibilité à la douleur et le sens tactile. Ce dernier seuil était mesuré par la distance minima à laquelle les deux pointes de l'esthésiomètre étaient senties comme distinctes.

Le menthol produit de l'hypoesthésie, mais cette action n'est ni aussi régulière ni aussi caractéristique que son action analgésiante. Il suffira de donner le résultat général et les procès-verbaux de plusieurs expériences.

Chez M. Mathieu, sur deux expériences, nous avons obtenu deux fois une augmentation du seuil (1) de la sensibilité tactile à la tempe mentholisée.

(1) Nous appelons augmentation du seuil l'atténuation de la sensation.

Chez M. Vande Perre, cette action a été obtenue une fois sur une expérience.

Chez M^{lle} Peiser, une fois pas de diminution de la sensibilité tactile ; une fois diminution légère.

Chez M^{lle} Schoonjans, la diminution a été constatée trois fois dans trois expériences.

Chez M^{lle} Guyot, pas de diminution dans deux expériences.

Chez M. Stas, la sensibilité tactile est une fois diminuée, une fois augmentée, une fois non modifiée.

Chez M. Deman, la sensibilité n'est pas modifiée dans une expérience unique.

Chez M. Gossens, la sensibilité est diminuée dans une expérience.

Chez M. Verkaeren, la sensibilité tactile est diminuée dans une expérience.

Chez M. Weill, la sensibilité est diminuée deux fois, non modifiée une fois.

Chez M^{lle} Golante, la sensibilité tactile n'est pas modifiée dans une expérience unique.

Or, quelle que fût l'influence du menthol sur la sensibilité cutanée, son action analgésiante s'est manifestée dans toutes les expériences, chez tous nos sujets, même dans les cas où le sens du contact n'avait subi aucune modification. Nous devons donc conclure que l'action analgésiante du menthol est bien plus prononcée que son action anesthésiante. D'ailleurs, la sensation de contact a toujours persisté ; seule la finesse du tact était un peu diminuée.

Nous avons varié le temps d'application du menthol pour déterminer exactement le moment de son action sur les nerfs. Nous n'avons jamais pu constater une action

excitante initiale du menthol sur le tact. L'action hypoesthésiante très légère débute plus tard que l'action analgésiante. Ainsi, tandis que l'analgésie précède la sensation de froid, l'hypoesthésie cutanée ne se montre qu'après que le froid est apparu. D'ailleurs, l'hypoesthésie n'est apparente que dans les expériences où le froid est très vil, c'est-à-dire quand l'action du menthol a été assez prolongée.

Dans plusieurs expériences, le contact de l'algésimètre aussi bien que de l'esthésiomètre a été ressenti comme le froid. Il est également à noter que la sensation de picotement qui se montre parfois n'empêche en rien l'hypoesthésie. Même dans une expérience, M. Weill accusait une forte brûlure à la tempe au lieu de la sensation habituelle de froid; la sensibilité à la douleur ainsi que la sensibilité tactile ont été diminuées; même plus qu'à l'ordinaire. Et ceci montre bien que ce n'est pas le refroidissement qui est la cause des phénomènes observés.

Sous l'influence de la mentholisation, les évaluations esthésiométriques et algésimétriques deviennent beaucoup plus irrégulières; les écarts entre les chiffres sont considérables. Mais la sensation subjective des sujets ne les avertit pas d'une diminution de la sensibilité tactile, alors que la pointe de l'algésimètre semble pénétrer comme dans un durillon.

Le froid occasionné par le frottement de la tempe avec le crayon menthol-lanoline disparaît au bout de quinze à quarante-cinq minutes, suivant la dose employée et aussi suivant la susceptibilité individuelle. Quand la mentholisation a été très forte, le froid peut persister pendant une heure.

Donnons maintenant quelques procès-verbaux :

M ^{lle} SCHOONJANS. Tempe.	Sensibilité tactile	18,5
	Sensibilité dolorifique	9,7
Après application du menthol (froid).	Sensibilité tactile.	20
	Sensibilité dolorifique	11,2
Deux minutes plus tard.	—	14,7
WEILL. Tempe.	Sensibilité tactile	20
	Sensibilité dolorifique	14,6
Après application du menthol (froid).	Sensibilité tactile.	20
	Sensibilité dolorifique.	17
WEILL. Tempe.	Sensibilité tactile	17
Après application du menthol (brûlure).	Sensibilité tactile	27

Ces expériences permettent de formuler les conclusions suivantes :

1° Le menthol exerce une action analgésiante manifeste; 2° Cette action est moins prononcée pour un frottement de courte durée que pour un frottement plus intense et plus long (par exemple pendant une à deux minutes); 3° Nous n'avons jamais observé une exaltation de la sensibilité à la douleur à aucune phase de l'expérience; 4° La diminution de la sensibilité à la douleur précède l'apparition du froid, et nous pouvons en conclure que le menthol agit de prime abord sur les nerfs de la douleur en les déprimant, et quelque temps après il agit en excitant les nerfs du froid; 5° Quand la sensation de froid est à son maximum, l'analgésie est à son maximum; 6° La sensation de froid diminue et disparaît presque en même temps que l'analgésie; quelquefois la sensibilité à la douleur est déjà normale quand encore

persiste un léger froid. Mais la disparition de l'analgésie est un retour à l'état normal, tandis que la disparition de la sensation de froid est l'indice de la cessation de la phase d'excitation, et celle-ci est suivie, ainsi que Goldscheider l'a montré, d'une phase de paralysie des nerfs thermiques; nous pouvons en conclure que l'action du menthol sur les nerfs de la douleur (toujours déprimante) débute plus tôt et cesse aussi plus tôt que l'action exercée sur les nerfs de la température; 8° La présence du picotement n'empêche en rien l'action analgésiante du menthol; 9° Le menthol agit aussi sur les nerfs de la sensibilité tactile, qui perd de sa finesse, mais cette action n'est ni aussi nette ni aussi régulière que son action analgésiante. Elle peut manquer dans certaines expériences et ne se produit que quand la mentholisation est très intense. D'ailleurs, l'action anesthésiante sur le tact débute plus tard que l'analgésie, et plus tard que la sensation de froid; 10° Dans quelques expériences, le contact des deux instruments avec la peau a été ressenti comme une sensation de froid; 11° Le picotement qui accompagne quelquefois la mentholisation n'empêche en rien son action anesthésiante. Il est même à noter que cette action s'est montrée le plus énergique dans une expérience où la sensation habituelle de froid a été remplacée par une brûlure (Weill); 12° La mesure de la sensibilité devient beaucoup moins régulière après la mentholisation, mais la sensation subjective des sujets ne les avertit pas d'une diminution de la sensibilité tactile, alors qu'ils se rendent très bien compte de l'analgésie de la peau; 13° Nous obtenons donc, sous l'influence de la mentholisation, une dissociation des quatre sensibilités : a) au froid; b) au chaud; c) au contact; d) à la douleur. L'influence sur les nerfs de la douleur est

la plus précoce ; succède ensuite l'excitation des nerfs du froid, en troisième lieu l'action déprimante sur les nerfs du tact, et en quatrième lieu, et seulement quand la mentholisation est très prononcée, une action sur les nerfs du chaud, ce qui se traduit par des picotements et même par une sensation de brûlure ; 14° La dissociation que nous venons d'étudier plaide en faveur de l'origine spécifique des quatre catégories des nerfs. Le menthol est un excitant énergique pour les nerfs du froid et les nerfs du chaud, un déprimant pour les nerfs de la sensibilité tactile et douloureuse. La différence en question peut être expliquée en partie par une inégalité dans le seuil d'excitabilité de ces divers nerfs pour le menthol, et aussi par la situation différente de ces nerfs. Les nerfs de la sensibilité à la douleur sont considérés comme étant les plus superficiels par von Frey et par Thunberg ; la deuxième couche de nerfs serait constituée par les nerfs du froid, et la troisième couche par les nerfs du chaud. Cette localisation trouverait un appui dans nos expériences.

V. — *Existe-t-il des centres et des nerfs douloureux ?*

Parmi les physiologistes, les uns admettent que la douleur se transmet par les nerfs du tact ; une faible excitation produit une sensation de tact, une forte excitation, une sensation douloureuse. Les autres admettent, au contraire, des nerfs et des centres spéciaux pour la douleur.

Schiff admet que la douleur se transmet *par la substance grise de la moelle épinière*, tandis que le toucher se transmet par les cordons postérieurs et surtout par les cordons latéraux. En effet, la section des cordons postérieurs et latéraux de la moelle n'exerce aucune influence sur la

sensibilité douloureuse; celle-ci disparaît lorsqu'on sectionne la substance grise. Bien que ce fait ait été nié par Wood Field et par Osawa, toutefois l'*analgesie de la syringomyélie*, affection qui porte surtout sur l'axe gris de la moelle, contribue à prouver, selon Ch. Richet, l'importance de la substance grise médullaire dans la conduction des excitations douloureuses.

Wundt pense aussi que, dans les nerfs périphériques, les voies sont les mêmes, et que la distinction se produit seulement dans la moelle. Goldscheider partage la même opinion.

Parmi les autres preuves en faveur des voies et des centres distincts pour la douleur, nous citerons les suivantes :

Il existe des organes qui possèdent la sensibilité douloureuse et sont dépourvus de la sensibilité tactile, comme la vessie et les intestins. Kiesow a trouvé une certaine région située sur la muqueuse des joues, à l'intérieur de la bouche, en face des molaires, sur laquelle on ne sent pas la douleur. On peut enfoncer une aiguille sans douleur; seul le contact est perçu. On peut appliquer sur cette région un courant électrique tellement intense qu'il fait contracter tous les muscles environnants, sans qu'on ressente de la douleur. La sensibilité tactile y est un peu plus moindre que sur la pulpe des doigts. La sensibilité thermique y est abaissée pour la chaleur. Sur les autres portions des joues, on sent très bien une douleur.

Le retard des sensations douloureuses sur les sensations tactiles a été aussi invoqué en faveur des voies distinctes pour les sensations douloureuses. La douleur apparaît bien plus tardivement que la sensation tactile et

les sensations thermiques, et dans certaines affections nerveuses (tabes), ce retard est encore bien plus considérable. D'après Ch. Richet, la caractéristique de la douleur est qu'elle dure plus longtemps, apparaît plus tard et ne se produit que si l'excitation est forte.

Un des grands arguments en faveur de l'origine distincte du sens dolorifique est fourni par la *dissociation* qui s'observe très souvent *entre le sens tactile et la sensibilité à la douleur*. La dissociation peut être *cérébrale* ou *périphérique*. Il est intéressant de constater que dans toutes les circonstances qui produisent l'insensibilisation (centrale ou périphérique), la sensibilité à la douleur disparaît avant la sensibilité tactile. Cette dissociation se produit avec une netteté admirable dans l'*anesthésie générale* par le chloroforme ou l'éther. Elle apparaît encore dans la *cocaïnisation générale et locale*, dans l'anesthésie locale produite *par le froid* (mélange réfrigérant) et dans l'*anesthésie locale par le procédé de Schleich*. Dans tous ces cas, le malade sent tous les contacts, mais non la douleur.

Nicholls rappelle que les excitations mécaniques des bords des plaies, des nerfs dentaires, du rectum, de l'œsophage, produisent de la douleur, sans trace de sensation tactile. Ch. Richet a montré que chez les hystériques la *sensibilité électrique* peut être conservée, alors que la sensibilité aux douleurs traumatiques et thermiques est abolie. L'intégrité de la sensibilité tactile avec analgésie est un fait très fréquent dans l'*hystérie*. On observe le même phénomène dans le *sommeil hypnotique*.

Pour la théorie des nerfs spécialement affectés à la douleur, L. Fredericq fait valoir le *principe de l'énergie*

spécifique des organes des sens, introduit en physiologie par Jean Müller. Nous admettons que chaque catégorie de nerfs sensibles ne peut donner qu'une espèce de sensation, quel que soit l'agent qui a provoqué l'excitation du nerf. La nature de la sensation dépend donc de la nature, de l'énergie spécifique du nerf considéré (ou plutôt de l'organe central auquel il aboutit). Par conséquent, dit Fredericq, si un même organe peut nous donner plusieurs genres de sensations différentes, nous devons admettre dans cet organe autant de catégories de terminaisons sensibles qu'il y a de genres de sensations. Ainsi, si la lumière solaire tombant sur notre œil devient douloureuse dans certains cas, c'est apparemment qu'elle agit encore sur d'autres nerfs que ceux de la rétine, car l'expérience a prouvé que l'excitation la plus intense du nerf optique (sa section) produit une sensation de vive lumière, mais n'est pas douloureuse. Dans la production de sensations lumineuses colorées, nous devons admettre autant de catégories de fibres sensitives que nous admettons de sensations colorées élémentaires (fibres du rouge, du vert, du violet, dans la théorie de Yung-Helmholtz). De même, si un son trop intense nous blesse, c'est qu'il agit sur d'autres nerfs que le nerf acoustique.

On applique le même principe pour les sensations du goût et de l'odorat. Les sensations de goût s'expliquent en admettant dans la langue quatre ordres de terminaisons nerveuses, donnant respectivement les sensations de sucré, d'amer, de salé et d'acide, à côté des terminaisons tactiles proprement dites. Certains points de la langue sont particulièrement sensibles au contact de ces substances. Jamais l'excitation de ces points ne peut devenir douloureuse. Le même raisonnement peut être appliqué

pour le sens de l'olfaction. La sensation douloureuse produite par les vapeurs d'ammoniaque doit avoir pour raison l'excitation d'autres terminaisons nerveuses, celle du trijumeau par exemple.

Reste la peau. Ici, ajoute Fredericq, par une inconséquence vraiment singulière, un certain nombre de physiologistes abandonnent le principe de l'énergie spécifique. Ils admettent qu'une excitation suffisamment forte, soit des nerfs de la pression, soit des nerfs du chaud ou de ceux du froid, peut devenir douloureuse, c'est-à-dire donner naissance à une nouvelle catégorie de sensations. Blix, Goldscheider ont démontré qu'il y a dans la peau, pour le sens thermique, deux appareils nerveux entièrement distincts : les nerfs du chaud et les nerfs du froid. Blix a montré que certains points de la peau nous donnent exclusivement des sensations de chaud, d'autres de froid, d'autres enfin des sensations de pression ou de contact, quelle que soit la nature de l'excitant punctiforme employé.

Il faut donc admettre dans les nerfs de la peau une quatrième catégorie de terminaisons nerveuses affectées aux sensations de douleur. Un froid intense, une température élevée, une pression excessive nous causent de la douleur, non parce qu'ils excitent fortement les nerfs de la sensibilité tactile, mais parce qu'ils excitent les nerfs spéciaux affectés aux sensations douloureuses. Ces nerfs de la douleur ont ceci de particulier, qu'ils ne répondent qu'à des excitations fortes.

Les points de vue exprimés par L. Fredericq, en 1896, ont été confirmés par des recherches récentes jusque dans leurs moindres détails, d'accord avec le principe de l'énergie spécifique des organes des sens.

Les preuves décisives concernant l'existence de terminaisons nerveuses spécialement affectées à la douleur, ont été données par von Frey. Rappelons toutefois que c'est aux recherches de Goldscheider qu'on doit la détermination exacte des trois sens cutanés : 1° la pression ; 2° le froid, et 3° le chaud. En perfectionnant les anciennes expériences de Magnus Blix, qui, en excitant pour la première fois la peau avec un excitant punctiforme, s'aperçut que la sensation manque à certaines places, tandis qu'elle ne se produit que sur des points déterminés, Goldscheider compara la peau à une vaste mosaïque, parsemée de points, dont les uns ne sont affectés qu'aux sensations de pression (points de pression, *Drückpunkte*), les autres aux sensations de chaud, les troisièmes aux sensations de froid et, enfin, il existe des points spécialement affectés à la douleur (points de douleur, *Schmerzpunkte*). Mais Goldscheider n'a pas poussé ses investigations assez loin pour admettre des nerfs spéciaux pour la douleur. En vertu de la loi de l'énergie spécifique, chacun de ces points ne peut fournir que la sensation qui lui est propre. Ainsi, les points de température sont complètement insensibles à la pression et à la douleur ; ils peuvent être percés par une aiguille sans faire éprouver de sensation douloureuse. Celle-ci n'est ressentie que par les points de la douleur. Les points de température sont insensibles, même à la douleur thermique. Ce dernier point a été vérifié par Alrutz. Le courant électrique aussi bien que les excitants chimiques appliqués sur ces divers points produisent toujours la sensation spécifique d'après cet auteur ; même si l'on excite un point froid par la chaleur, on a une sensation de froid.

La détermination exacte des points de douleur est due aux recherches de M. von Frey, qui, dans une série de

monographies, a définitivement élucidé la question si controversée des nerfs d'ouleurs.

Pour mener à bien cette étude, il faut que l'excitant soit punctiforme, circonscrit dans son application. L'excitateur de von Frey est constitué par un cheveu. On fixe avec de la cire un cheveu à l'extrémité d'une tige de 8 centimètres de long; le cheveu dépasse la tige de 3 centimètres. Pour produire le contact, on prend la tige par l'autre extrémité et l'on appuie sur la peau avec la pointe du cheveu jusqu'à ce qu'il se courbe. En choisissant des cheveux de différente longueur et de différente épaisseur (on expérimente aussi avec des poils très durs), on obtient une série d'excitateurs permettant de produire des pressions de valeur très différente.

La valeur de chaque excitateur reste constante; en effet, si le cheveu est appliqué perpendiculairement à la peau, il exerce une pression qui ne peut dépasser certaines limites; une augmentation de pression fait courber le cheveu. La valeur de la pression exercée par chaque cheveu est déterminée au moyen de la balance (on exerce l'action du cheveu sur un plateau et on lui oppose des poids sur l'autre plateau). Pour exercer une pression très légère, on emploie des cheveux très fins et des fils de cocon; pour des pressions fortes, on emploie des poils de porc. La grandeur de la section du cheveu est déterminée au microscope. La pression doit être rapportée à l'unité de surface, car la sensation provoquée est due à la déformation imprimée à la peau et aux extrémités nerveuses qu'elle contient. La résistance maximale du cheveu rapportée à l'unité de surface est appelée « force » ou pression du cheveu. Cette pression allait de 0^{gr},3 à

500 grammes par millimètre carré suivant les numéros des excitateurs punctiformes.

En appliquant ces excitants punctiformes très légèrement sur la peau des différentes régions, von Frey a confirmé les assertions de Blix, à savoir qu'il existe dans la peau des points excitable et des points inexcitable, même sur la plus petite surface; il a aussi confirmé les résultats de Goldscheider, que les points de pression sont des points fixes de la peau. L'auteur a déterminé l'échelle de la sensibilité des différentes régions. Les différences dépendent de l'épaisseur de la peau et aussi de la richesse en nerfs. Ainsi, le bout des doigts, qui a un épiderme bien plus dur que le dos de la main, est pourtant plus sensible à la pression. La localisation de la pression n'est pas exactement la même que celle du sens du lieu de la peau (mesuré à l'esthésiomètre).

Si l'on touche la peau avec un cheveu exerçant une forte pression, on provoquera la douleur. Mais la douleur n'apparaîtra que lorsqu'on aura touché certains points de la peau, les points de douleur (*Schmerzpunkte*), qui sont des endroits déterminés de la peau et *distincts* des points de pression. Il y a donc localement une séparation complète entre les points de pression et les points de douleur. Les points de pression ne sont pas douloureux.

Sur la cornée, la sensation est toujours douloureuse; il n'existe pas de points de pression, mais uniquement des points de douleur. Même pour les excitations dépassant à peine le seuil, la sensation est douloureuse. La douleur disparaît au bout de plusieurs secondes ou bien se prolonge au point qu'il faut interrompre l'excitation. L'excitation de la cornée par le cheveu froid et par le cheveu chaud est sentie comme une douleur.

La conjonctive est aussi dépourvue de points de pression; elle ne ressent que la douleur et le froid. Seule l'intensité de la douleur peut varier; l'excitation devient très vite insupportable. La localisation de la douleur se fait mal. Pour la cornée et pour la conjonctive, il arrive que, le contact léger n'étant pas senti, il devient douloureux quand il agit à la longue.

Ces données expérimentales ont permis à von Frey de rapporter les quatre sens cutanés à quatre catégories de terminaisons nerveuses sensibles. Le nombre considérable de points de pression (15,000 au moins sur la paume de la main) conduit l'auteur à admettre que les organes correspondant à la pression sont les *corpuscules de Meissner* sur les parties de la peau où il n'y a pas de poils. Quant aux parties de la peau recouvertes de poils, la racine des poils est entourée de tout un réseau de fibres nerveuses. Les autres terminaisons nerveuses sont en nombre trop faible pour être affectées à la pression.

Dans la cornée, il n'y a que des terminaisons nerveuses libres; or, la cornée ne peut ressentir qu'un seul genre de sensation : la douleur. On peut donc admettre que ce sont les *terminaisons nerveuses libres* qui, excitées directement, donnent lieu aux sensations de douleur. Dans la peau, les terminaisons libres des nerfs sont situées *plus superficiellement* que les organes de la pression; elles se trouvent entre les cellules de l'épiderme, dans les espaces intercellulaires. Dans la conjonctive, leur position est aussi superficielle; les terminaisons nerveuses libres ont été trouvées au-dessus des vaisseaux sanguins, dans les enveloppes externes de la conjonctive.

A côté des terminaisons nerveuses libres, on rencontre encore dans la conjonctive des *corpuscules de Krauze*; ce

sont eux qui, excités directement, donnent lieu aux sensations de froid. Enfin, von Frey admet que les *corpuscules de Ruffini* servent pour la sensation du chaud.

Il existe donc deux seuils pour la peau : un seuil, situé plus bas, pour les sensations de pression ; un seuil, situé plus haut, pour la douleur. Ces deux sensations sont distinctes localement.

Mais il existe des régions qui sont sensibles seulement à la pression, d'autres seulement à la douleur. Ces dernières n'ont qu'un seuil unique, qui ne se trouve pas placé plus haut que le seuil de la pression de la peau, et peut même se trouver beaucoup plus bas (cornée).

Von Frey conclut qu'il existe des nerfs et des terminaisons nerveuses spécialement affectés à la douleur. Relevons encore ce fait, que la sensation de la douleur dépend non seulement de l'intensité de la pression exercée par le cheveu (taillé sous la loupe en forme de crayon), mais aussi de la durée de la pression ; il faut que cette durée dépasse une certaine limite pour que la sensation de douleur atteigne son maximum. C'est là le fait connu du retard des sensations de douleur, et qui vient confirmer l'opinion soutenue par Naunyn, Ch. Richet, Goldscheider et Gad, que la douleur est due à la sommation, à une addition latente d'excitations, qui, étant isolées, seraient impuissantes à provoquer la douleur. La douleur se caractérise aussi par sa persistance. Lorsqu'on touche avec un cheveu un point de pression, on a une sensation seulement au premier moment ; elle disparaît bientôt, malgré la persistance de la pression. Pour un point de douleur, la sensation de douleur augmente peu à peu, atteint un maximum et puis diminue lentement ; si l'on

enlève le cheveu, la sensation persiste encore pendant un certain temps.

Dans des recherches fort intéressantes, Thunberg arrive aussi à la conclusion que les terminaisons nerveuses affectées à la douleur constituent la couche la plus périphérique; au-dessous se trouvent les nerfs du froid, et la couche la plus profonde est constituée par les nerfs du chaud. Déjà Alrutz avait affirmé que les terminaisons nerveuses qui servent aux sensations du chaud sont plus profondément situées dans la peau que les terminaisons nerveuses servant aux sensations du froid.

Nous voyons ainsi que les recherches de ces dernières années ont non seulement démontré d'une façon certaine l'existence de terminaisons nerveuses spécialement affectées à la douleur, mais qu'elles ont permis de localiser cette sensation dans les terminaisons nerveuses libres, situées dans la couche la plus superficielle de la peau.

On est, par contre, dans le doute quand il s'agit de déterminer les voies de conduction des sensations douloureuses. Existe-t-il un centre pour la douleur? Et quel trajet poursuivent les nerfs douloureux avant d'arriver à ce centre présumé? D'après Ch. Richet, il suffirait d'admettre que les centres où s'élaborent les perceptions peuvent être ébranlés douloureusement. Mais de là la douleur va s'irradier et gagner les centres de la douleur, si tant est qu'on puisse admettre des centres de la douleur. D'après Bechterew, il existe une localisation corticale de la douleur. Ce serait vers la troisième et la quatrième circonvolution du pli courbe, entre le bord externe du gyrus sigmoïde et la pointe du lobe temporal. Mais la sensibilité après la destruction de ces parties est plutôt diminuée qu'abolie. Chez l'homme, la destruction des

voies sensitives qui passent par le segment postérieur de la capsule interne abolit la sensibilité (Türk, Charcot, Veyssière). D'autre part, l'excitation des circonvolutions autres que celles de la région rolandique ne peut provoquer de sensation douloureuse (chien). Pour Vulpian, le centre commun des perceptions douloureuses serait la protubérance annulaire.

D'après Ch. Richet, les excitations douloureuses passent par la substance grise de la moelle épinière, puis se portent aux régions rolandiques pour déterminer des perceptions spéciales. Mais l'excitation passe par la capsule interne et revient aux centres bulbo-protubérantiels, où la sensation de douleur est perçue.

E. Lahousse s'exprime de la façon suivante :

Les nerfs de la sensibilité douloureuse provenant du tronc et du membre entrent, par les racines postérieures, dans la substance grise de la moelle épinière, où ils paraissent s'entrecroiser, traversent successivement la formation réticulée de la moelle allongée, la formation réticulée du pont de Varole, la formation réticulée de la calotte des pédoncules cérébraux, le pédoncule postérieur de la capsule interne et se distribuent dans l'écorce cérébrale, probablement aux lobes temporal, frontal et pariétal.

Les nerfs de la sensibilité douloureuse provenant de la tête et du cou pénètrent, avec les nerfs crâniens, dans la moelle allongée, dont ils traversent la formation réticulée, et dans la protubérance annulaire, dont ils traversent le champ des fibres sensitives de la calotte, et de là se dirigent, avec leurs congénères du tronc et des membres, à travers la capsule interne, jusqu'au cerveau. Un certain nombre de fibres de la sensibilité douloureuse,

accompagnées de fibres centripètes-réflexes, se rendent à la couche optique et aux tubercules quadrijumeaux. Au delà de ces ganglions, les fibres sensorielles continuent leur chemin jusqu'au cerveau.

Nous pouvons maintenant résumer nos contributions personnelles qui plaident en faveur de la séparation des organes du tact des organes de la douleur. Nous sommes arrivées aux conclusions suivantes :

1° Nous avons rencontré deux personnes si peu sensibles à la douleur, que l'enfoncement de la pointe de l'algésimètre n'était suivi d'aucune douleur. Ce n'est pas l'épaisseur de la peau qui était la cause de cette insensibilité, car chez l'une de ces personnes la peau pouvait être transpercée sans douleur. Or, la sensibilité tactile a été trouvée normale dans ces deux cas.

2° Sous l'influence locale du menthol, nous voyons apparaître une dissociation extrêmement caractéristique entre la sensibilité tactile, dolorifique et thermique. Tandis que la sensibilité tactile n'a perdu qu'un peu de sa finesse, la sensibilité dolorifique est presque complètement éteinte, la sensibilité thermique est au contraire exaltée à son maximum.

3° La fatigue intellectuelle montre un exemple curieux de dissociation entre la sensibilité tactile et la sensibilité dolorifique. Sous l'influence d'une fatigue intellectuelle modérée, il y a hypoesthésie et hyperalgésie. Ce n'est qu'à un degré de fatigue intellectuelle extrême qu'on observe de l'analgsie.

4° Mais l'argument le plus important qui plaide en faveur d'un centre spécial pour la douleur est fourni par nos recherches sur l'asymétrie dolorifique.

En abordant ces recherches, nous nous attendions soit

à trouver une confirmation de la loi de Van Biervliet, reconnue exacte pour toutes les autres sensibilités, soit à trouver un rapport renversé, c'est-à-dire que les droitiers seraient plus sensibles à gauche et les gauchers plus sensibles à droite. Si, au point de vue biologique, la douleur est une défense, ce rôle estho-phylactique doit être considéré comme un perfectionnement, comme un caractère de supériorité acquis dans le cours du développement. Mais, au point de vue individuel, nous ignorons si une sensibilité dolorifique très affinée doit être considérée comme une supériorité esthétique, et si elle peut être comparée à ce point de vue aux autres sens, toucher, ouïe, vision, etc., pour lesquels le fait est de toute évidence. Il n'y aurait donc rien de surprenant à trouver une sensibilité dolorifique plus grande du côté de l'hémisphère le moins développé. D'ailleurs, comme nous ne savons pas si les nerfs dolorifiques subissent une décusation, nous trouverions un rapport renversé pour la douleur, sans que ce fait constitue une contradiction avec l'existence du « type droit » et du « type gauche ». Chez le premier, c'est l'hémisphère gauche qui est plus développé; chez le second, c'est l'hémisphère droit.

Or, aucune de ces prévisions n'a été justifiée. L'asymétrie dolorifique est tout à fait en dehors de ces considérations. Le côté gauche est plus sensible à la douleur, aussi bien chez les droitiers que chez les gauchers.

Ces résultats montrent, d'une façon certaine, que les centres de la douleur ne sont pas les mêmes que les centres percepteurs. Nous sommes donc amenées à la conclusion qu'il existe un centre spécial pour la douleur.

La perception de la douleur se fait par des centres différents que la perception de toutes les autres sensations.

Dans son évolution, ce centre de la douleur est indépendant des autres centres percepteurs; tandis que tous les autres centres percepteurs ont suivi la loi de l'asymétrie sensorielle, en prenant un développement plus considérable tantôt du côté gauche, tantôt du côté droit, suivant qu'il s'agissait du type droit ou du type gauche, le centre de la douleur, bien qu'asymétrique, et cela dans le même rapport que les autres centres, n'a pas subi de fluctuation et n'a pas participé à la formation des deux types. Il est resté toujours prédominant d'un côté.

Cette prédominance invariable du centre dolorifique d'un seul côté permet de supposer que ce centre est plutôt unilatéral que bilatéral. S'il ne l'est pas rigoureusement au point de vue anatomique, il l'est certainement au point de vue fonctionnel. Comme l'a dit très bien Van Biervliet, même les centres bilatéraux sont situés fonctionnellement d'un seul côté, car d'habitude nous ne nous servons que d'un œil, d'une oreille, etc. Or, pour la douleur le fait paraît encore plus évident. Dans la vie courante, les douleurs que nous subissons ne dépassent guère le seuil; elles ne sont ressenties que par un seul centre, le plus sensible, car elles se trouvent au-dessous du seuil du centre le moins sensible. La douleur physiologique n'est donc ressentie que par un centre unilatéral, doué d'une très grande sensibilité à la douleur. Le centre opposé ne servirait que pour des douleurs pathologiques, c'est-à-dire très fortes.

Comme rien ne nous prouve que les nerfs dolorifiques subissent une décussation, il n'est pas impossible de supposer que ces nerfs parcourent un trajet direct, c'est-à-

dire que les nerfs douloureux du côté gauche du corps se rendent à l'hémisphère gauche. Le centre de la douleur physiologique pourrait donc être situé dans l'hémisphère gauche, à côté des centres les plus importants qui, chez le droitier, type de beaucoup le plus répandu, se trouvent être situés de ce côté (1). Et, comme la fonction douloureuse est une fonction défensive, le centre de la douleur, étant situé du même côté et dans le voisinage des centres les plus importants, pourrait remplir aisément son rôle estho-phylactique.

Cette localisation à gauche du centre de la douleur n'est qu'une hypothèse qui, d'ailleurs, pourrait être soumise à l'expérimentation. Nous avons commencé des expériences qui pourraient fournir quelques indications à ce sujet. Ainsi, si le centre de la douleur est situé à gauche, l'équation personnelle pour l'excitation douloureuse de la main gauche et réaction avec la main droite devrait être plus courte que l'équation personnelle pour l'excitation douloureuse de la main droite et réaction avec la main gauche. Dans le premier cas, en effet, le trajet de l'excitation nerveuse serait plus court, le centre de la douleur et le centre du mouvement volontaire de la main droite se trouvant dans le même hémisphère. Jusqu'à présent, nous n'avons pas encore de résultats certains, la recherche du temps de la réaction à la douleur étant d'une technique très difficile.

(1) La synergie fonctionnelle des centres bilatéraux permet d'écarter cette idée absurde que la douleur physiologique ne peut être ressentie que par le côté gauche. Il est certain que le côté droit peut aussi ressentir une douleur physiologique, mais, étant plus insensible, il est bien moins exposé à la douleur que le côté opposé.

Il convient de rapporter ici le fait curieux, bien qu'inexpliqué, que l'analgésie unilatérale des hystériques affecte le plus souvent le côté gauche du corps.

Déjà plusieurs fois, nous avons considéré la douleur comme une fonction hémisphérale. Nous nous basons pour cette assertion sur une étude antérieure concernant la dissociation de la sensibilité et de la mobilité dans l'anesthésie par l'éther (1).

C'est un fait reconnu que dans l'anesthésie générale provoquée par l'éther ou le chloroforme, la disparition des différentes fonctions a lieu successivement; la sensibilité à la douleur disparaît d'une façon très précoce, avant la disparition de la sensibilité tactile et avant la disparition du mouvement volontaire. Même dans la première phase de l'action de l'anesthésique, quand le patient parle, rêve, répond aux questions, il y a analgésie. Or, cette première phase de l'action des anesthésiques, caractérisée par les troubles de l'intelligence et par de l'analgésie, est due à l'intoxication des hémisphères cérébraux. Ce n'est que plus tard que succède l'envahissement par l'anesthésie des territoires de la moelle. D'autre part, les fonctions reparaissent dans l'ordre inverse de leur disparition, c'est-à-dire que celles qui ont disparu les premières reviennent les dernières; la sensibilité à la douleur en est un exemple typique. La loi physiologique qui règle le retour des fonctions est absolument formelle et s'étend à toutes les fonctions. La

(1) J. IOTYKO et M. STEFANOWSKA. *Dissociation des phénomènes de sensibilité et de motilité dans l'anesthésie par l'éther*. (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE MÉDECINE DE BELGIQUE, 31 mai 1902, 34 pp.)

moelle, qui se prend après le cerveau, s'exonère avant le cerveau. Or, l'analgésie est un des premiers symptômes à apparaître et l'un des derniers à disparaître. Elle apparaît au moment où la moelle est encore indemne, et l'analgésie de retour persiste alors que la moelle est complètement affranchie de l'action anesthésique.

L'étude de l'anesthésie générale montre donc implicitement que l'*analgésie* ne peut être due à une interruption des sensations doulorifiques dans une station intermédiaire du système nerveux, mais bien à une abolition de la perception même. L'analgésie est de fait un phénomène qui coïncide avec le début de l'envahissement du cerveau, elle est contemporaine des troubles de l'intelligence et précède l'abolition de toutes les autres sensibilités et du mouvement volontaire.

Le centre cortical de la douleur est donc situé dans les hémisphères cérébraux, probablement non loin de la région rolandique; car nous savons, d'autre part, que seule l'excitation de cette région cérébrale est accompagnée de douleur (1).

(Travail du Laboratoire psychologique Kasimir
de l'Université de Bruxelles.)

(1) Il serait intéressant de rechercher, au moyen des excitateurs capillaires de von Frey, si le nombre des points de douleur n'est pas plus considérable à gauche qu'à droite, ou, le nombre étant le même, si les points de douleur situés à gauche ne sont pas doués d'une excitabilité plus grande. Von Frey lui-même serait le mieux placé pour entreprendre cette étude.

BIBLIOGRAPHIE.

A. — Asymétrie.

BALDWIN (MARC), *Le développement mental chez l'enfant et dans la race*. Alcan, 1897, p. 60.

BIERVLIET (J.-J. VAN), *L'asymétrie sensorielle* (Bull. de l'Acad. roy. de Belgique, 1897, pp. 326-366); *Nouvelle contribution à l'étude de l'asymétrie sensorielle* (Ibid., 1901, pp. 679-694); *L'homme droit et l'homme gauche. Les ambidextres* (Revue philosophique, octobre 1901); *Études de psychologie*. Alcan, 1901, 201 pp.

CAVANI (E.), *So esista un mancinismo vaso-motorie*. Modène, 1901.

DE BEUZE, *Droiterie et gaucherie* (Revue scientifique, janvier 1892, p. 155).

DEBIERRE, *La moelle épinière et l'encéphale*. Alcan, 1894.

FÉRÉ (CH.), *Influence sur le travail volontaire d'un muscle de l'activité d'autres muscles* (Nouvelle Iconographie de la Salpêtrière, extrait sans date); *Les variations de l'excitabilité dans la fatigue* (Année psychologique, 1900); *Note sur l'influence réciproque du travail physique et du travail intellectuel* (Journal de l'Anatomie et de la Physiologie, 1901, pp. 625-637).

FERRARI (G. C.), *Ricerche ergografiche nella donna* (Rivista sperimentale di Freniatria, vol. XXIV, 1898, p. 28).

HASSE, *Ueber Gesichtsasymmetrien* (Arch. für Anat. und Physiol., Anat. Abtheil., 1887).

LANGSTEIN (L.), *Zur Kenntniss der Rechts- und Linkshändigkeit* (Deut. med. Woch., 1900, XXVI, p. 513).

LOMBROSO et FERRERO, *La Donna delinquente*, 1893.

LUEDDECKENS (S.), *Rechts- und Linkshändigkeit*. Leipzig, 1900.

MANOUVRIER, *Recherches d'anatomie comparative et d'anatomie philosophique sur les caractères du crâne et du cerveau* (Bulletin de la Société zoologique de France, 1882, p. 135).

MAZEL, *Pourquoi l'on est droitier* (Revue scientifique, janvier 1892).
OSAWA (K.), *Ueber Linkshändigkeit* (V^e Congrès de physiologie. Turin, 1901).

PATRIZI (M.), *La simultanéité et la succession des impulsions volontaires symétriques* (Archives italiennes de biologie, XIX, 1893, pp. 126-139).

PATRIZI et CAVANI, *Recherches avec le gant volumétrique sur les gauchers* (V^e Congrès de physiologie, Turin, 1901).

PITRES, *Archives de neurologie*, 1882, t. VI, p. 40.

ROMANES, *Évolution mentale chez l'homme*.

SAWYER, *Ambidexterity* (Brit. med. Journ., 1900, II, 1302-1303).

SOURY (J.), *Les fonctions du cerveau*, 2^e éd., 1892.

THEILE (F.-W.), *Gewichtsbestimmungen zur Entwicklung des Muskelsystems* (Nova Acta Academia. Halle, 1889).

TOULOUSE (E.) et VASCHIDE (N.), *L'asymétrie sensorielle olfactive* (Revue philosophique, février 1900).

VIERORDT, *Physiologie des Kindesalters*, p. 428.

WILSON, *The right-hand*. London, 1892.

B. — Douleur.

ALRUTZ, *Studien auf dem Gebiete der Temperatursinne* (Skandin. Archiv für Physiologie, 1897, pp. 321-340).

BECHTEREW, *Sulla localizzazione della sensibilità cutanea (tattile e dolorifica) e del senso muscolare nella corteccia del cervello* (VI. Congr. fren. ital., Archivio di psichiatria, 1883, IX, p. 213).

BLIX (MAGNUS), *Experimentelle Beiträge zur Lösung der Frage über die spezifische Energie der Hautnerven* (Upsala läkarefören. Förhandl., XVIII, référé in Schmidt's Jahrbüchern, Bd 198; Zeitschr. f. Biologie, Bd 21, p. 153).

CARMAN, *Pain and strength measurements of 1,597 school children in Saginaw, Michigan* (Amer. Journ. of Psych., X, avril 1899).

DEHN (W.), *Vergleichende Prüfungen über den Haut- und Geschmackssinn bei Männern und Frauen verschiedener Stände*. Dissert. Juriew, 1894.

DRESSLAR (F.-B.), *Études sur la psychologie du toucher* (référé in Année psychologique, I, p. 345).

EGGER, *Du retard de la perception douloureuse et thermique dans les affections de la substance grise* (Société de Biologie, LIII, p. 631).

FÉRÉ (CH.), *Pathologie des émotions*, 1892.

FREDERICQ (L.), *Y a-t-il des nerfs spéciaux pour la douleur?* (Revue scientifique, 5 décembre 1896).

FREY (M. VON), *Beiträge zur Physiologie des Schmerzsinner*. Berichte mat.-phys. Classe der Sächs. Gesellsch. der Wissenschaften zu Leipzig, 1894; *Beiträge zur Sinnesphysiologie der Haut* (ibid., 1895, pp. 166-184); *Untersuchungen über die Sinnesfunctionen der menschlichen Haut. Druckempfindung und Schmerz* (ibid., 1896, 98 pages); *Die Gefühle*, Leipzig, 1895.

FOUILLÉE, *Tempérament et caractère*, 1895.

GALTON, *La sensibilité comparée de l'homme et de la femme, étudiée dans la région de la nuque* (Nature anglaise, 10 mai 1894).

GRIFFING (H.), *On sensations from pressure and impact* (Psychol. Review, 1895).

GOLDSCHIEDER, *Gesammelte Abhandlungen*, vol. I. *Physiologie der Hautsinnesnerven*, Leipzig, 1898.

HAVELOCK ELLIS, *Mann und Weib*, 1899.

IOTEYKO (J.) et STEFANOWSKA (M.), *Dissociation des phénomènes de sensibilité et de motilité dans l'anesthésie par l'éther* (Bull. de l'Acad. royale de médecine de Belgique, 31 mai 1902).

KIESOW (F.), *Zur Psychologie der Mundhöhle* (Philosoph. Studien de Wundt, XIV, pp. 567-589); *Ein einfacher Apparat zur Bestimmung der Empfindlichkeiten Temperaturpunkten* (Ibid., XIV, pp. 589-591).

LAHOUSSE (E.), *Manuel de physiologie humaine*. Gand, 1890.

LUCKEY, *Some recent studies of pain* (Amer. Journ. of Psychol., VII, 1895, pp. 108-123).

MAC DONALD (A.), *Sensibility to pain by pressure in the hands of individuals of different classes, sexes and nationalities* (Proceed. of Amer. Psych. Associat., 1894, Psychol. Review, 1895); *Further measurements of pain* (Rapport of the Commissioner of Education, 1897-1898, vol. I, p. 1113).

MANTEGAZZA, *Fisiologia della Donna*, 1893; *Physiologie de la douleur*, trad. franç.

MITCHELL (W.), *Wrong reference of sensations of pain* (Med. News, LXVI, 1895).

MOCZUTKOWSKI, *Un algésimètre* (Nouvelle Iconographie de la Salpêtrière, janvier 1895).

NICHOLS (H.), *Expériences sur la douleur* (Proc. of the Amer. Psych. Association, 1894).

ÖHRWALL (HJALMAR), *Die Modalitäts- und Qualitätsbegriffe in der Sinnesphysiologie und deren Bedeutung* Skandin. Archiv. f. Physiol., 1901).

OTTOLENGHI, *La sensibilité de la femme* (Rev. scientif., 28 mars 1896).

PATRICK, *Popular Science Monthly*, 1895.

RICHEL (CH.), *Étude biologique sur la douleur* (Lecture faite au Congrès de psychologie de Munich, Rev. scientif., 1896, 22 août); *Y a-t-il des nerfs spéciaux pour la douleur?* (Ibid., p. 713); *Douleur* (Dictionnaire Ch. Richet, vol. V, fasc. I); *Recherches expérimentales et cliniques sur la sensibilité* (Dissert. inaug., Paris, 1877).

SCHIFF, *Mémoires physiologiques*, 1894, vol. II, pp. 185 et 262.

SERGI, *Archives de Psychiatrie*, 1893.

STRONG (C.-A.), *The psychology of pain* (Psychol. Rev., 1895, pp. 329-347).

SWIFT (E.-J.), *Sensibility to pain* (Amer. Journ. of Psychology, 1900, pp. 312-317).

THUNBERG (TORSTEN), *Untersuchungen über die relative Tiefenlage der kälte-, wärme- und schmerzpercipirenden Nervenenden in der Haut und über das Verhältniss der Kältenervenenden gegenüber Wärmer-eisen* (Skand. Archiv f. Physiologie, 1901); *Untersuchungen über die bei einer einzelnen momentanen Hautreizung auftretenden zwei stechenden Empfindungen* (Ibid., 1901).

VANNOD (T.), *La fatigue intellectuelle et son influence sur la sensibilité cutanée* (Rev. médicale de la Suisse romande, 1896, pp. 712-751, et 1897, pp. 21-49).

WOSKRESSENSKY, *Sur la sensibilité de la peau chez les personnes normales et chez les personnes atteintes de paralysie générale progressive* (Revue de Psychiatrie, de Neurologie et de Psychol. expérimentale, en russe, vol. I, 1896, pp. 653-662).

Sur une émeraude étoilée de Muso; par W. Prinz,
professeur à l'Université de Bruxelles.

Cette curieuse pierre, que nous avons l'honneur de présenter à l'Académie, fait partie des collections géologiques et ethnographiques réunies par M. le Dr Alph. Stübel lors de ses explorations dans les Andes. Elle provient des célèbres mines de Muso (Colombie), où elle a été taillée en un cabochon dont la base est formée par une partie conique, coupée par un plan. Son diamètre est de 1 centimètre environ; sa hauteur, de 6 millimètres. Le poids spécifique, déterminé par M. Bergt, est de 2.655 (1). Sa couleur est d'un vert émeraude peu franc; en outre, sa transparence est voilée par divers défauts.

Mais ce qui donne à cette pierre un aspect particulier, c'est qu'elle est divisée en six secteurs réguliers par autant de cloisons rectilignes, minces, noires, qui la traversent sur toute son épaisseur. Ces cloisons irradiant d'un petit noyau hexagonal très net, bien visible sur la face bombée, où il a 2^{mm},7 de diamètre entre deux côtés parallèles de l'hexagone. La même mesure, prise sur la face plane, ne donne que 0^{mm},8, de sorte que ce noyau est constitué par un tronc de pyramide hexagonale, comme l'indique la figure ci-après, qui représente la pierre en grandeur naturelle (fig. 1).

(1) W. REISS und A. STÜBEL, *Geologische Studien in der Republik Columbia; Petrographie*, 1899.

Son étude est rendue difficile par la façon dont on l'a taillée, d'autant plus que le cabochon n'est pas centré sur l'axe de l'étoilement; l'inclinaison de la partie plane sur la base cristallographique de la pyramide centrale est de 17° environ. Néanmoins, on peut, en s'aidant des artifices voulus, faire les constatations optiques suivantes :



FIG. 1.

Chacun des six secteurs fournit, en lumière polarisée convergente, la figure caractéristique des substances uniaxes, avec les anomalies habituelles du beryl et de l'émeraude, telles que faible dislocation de la croix ou ondulations de ses branches. L'ensemble constitue donc un assemblage de six individus cristallins, groupés autour d'un septième servant d'axe. Le caractère optique est négatif; le dichroscopisme, peu remarquable.

Quant à la pyramide centrale, il est impossible de l'examiner, attendu que sa petite base est opaque; cette partie de la pierre ne s'illumine que par la lumière oblique. Si l'on calcule l'inclinaison de ses faces d'après les mesures données plus haut, on lui trouve une acuité considérable, l'angle sur la face basique étant de 99° environ, c'est-à-dire dépassant $15\frac{1}{2}$ P, dont l'angle, déterminé par Kokscharow, est de 105° . La différence provient sans doute de l'imperfection des mesures et surtout de la striation parallèle à la base, qui invite à penser à une répétition des faces.

La pénétration d'un cristal dans l'axe d'un prisme plus gros est fréquente chez le minéral qui nous occupe. Nous en avons observé plusieurs exemples où le prisme inclus dépassait d'une certaine quantité l'extrémité du cristal enveloppant. Ces échantillons étaient analogues à ceux que nous mentionnerons tout à l'heure.

La fibrosité, tant normale que parallèle aux faces du prisme, que l'on voit déjà en lumière ordinaire dans l'émeraude de M. Stübel, est également connue. Elle s'accompagne, en lumière polarisée, d'un quadrillage mimétique, qui s'oppose à l'extinction que l'on s'attendait à trouver. Cette structure provoque un astérisme marqué quand on regarde la flamme d'une bougie au travers de la pierre, en visant par la face plane et dans le prolongement de l'axe de la pyramide centrale (fig. 2).

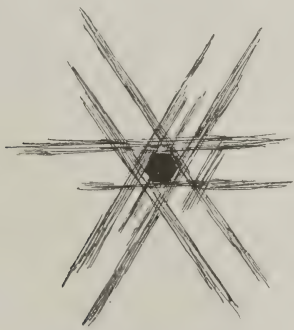


FIG. 2.

Le croquis suivant (fig. 5) résume, sous une amplification de six fois environ, les autres particularités qui viennent d'être énumérées. L'inclinaison a été rectifiée

de façon que la petite base de la pyramide centrale se projette à peu près au milieu de la large base.

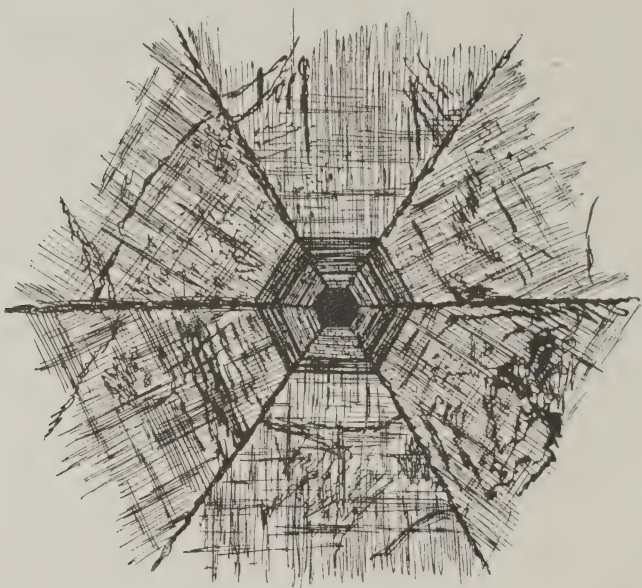


FIG. 3.

Les inclusions sont très nombreuses. Outre les impuretés floconneuses et ramifiées, disposées plus ou moins exactement selon les faces prismatiques et leurs normales, les inclusions liquides abondent. Elles contiennent deux liquides, ainsi que de petits cubes de sel gemme. Les plus grandes sont généralement allongées perpendiculairement aux faces prismatiques; les petites sont volontiers parallèles à ces faces ou associées en nappes obliques. On observe encore d'autres formes isolées ayant l'apparence

de petits boyaux ramifiés, contenant une matière brune, accumulée par places, dans l'inclusion, en grumeaux noirs (fig. 4). Elles sont peut-être à mettre en relation avec la substance floconneuse, opaque, d'aspect boueux parfois, qui constitue les cloisons des six secteurs et que l'on retrouve encore sur la surface de la pyramide centrale, notamment vers son sommet opaque. Il serait difficile d'en déterminer la nature, qui est probablement charbonneuse, sans recourir à des réactions chimiques. On sait que l'émeraude de Muso se rencontre dans un calcaire bitumineux, fossilifère.



FIG. 4.

En résumé, les caractères généraux de la pierre dont nous parlons ne diffèrent de ceux qui ont été décrits pour le béryl et ses variétés que par le cloisonnement géométrique qui la divise avec une régularité remarquable. Cependant, même à cet égard, elle ne paraît pas être unique comme on l'a cru ; certaines descriptions sommaires, conservées dans la littérature spéciale, tendent à

le prouver. Les suivantes, entre autres, qui se rapportent aux échantillons d'émeraude de la collection rassemblée par Heuland et décrite par A. Lévy, méritent d'être rappelées ici (1).

« N° 51. Trois cristaux isolés, jaunes de miel, translucides, chacun » d'eux offrant deux cristaux à axe commun, dont *le plus gros sert* » *comme d'étui au plus petit*, qui le dépasse à l'une des extrémités » d'une quantité plus ou moins considérable. Aduntschilon.

» N° 60. Cristal isolé, vert, peu translucide, offrant à l'une des » extrémités des hexagones concentriques qui s'élèvent les uns au- » dessus des autres. Perm.

» N° 62. Deux cristaux isolés, arrondis, dont les surfaces latérales » sont cannelées transversalement, *les extrémités sont divisées en sec-* » *teurs*; l'un de ces morceaux est transparent dans la direction de » l'axe et montre la couleur blanche verdâtre du beryl Perm : Ekate- » rinebourg.

» N° 63. Plaque hexagonale mince, taillée, blanche, transparente, » offrant des hexagones concentriques, dont les bords sont colorés par » une matière étrangère. Perm.

» N° 63bis. Plaque hexagonale bleuâtre, taillée, peu translucide. » offrant une partie circulaire peu translucide et *des faisceaux peu* » *divergents et d'un blanc grisâtre opaque, partant du centre dans* » *des directions perpendiculaires aux côtés*. Montagnes du Morn, » Irlande (2). »

(1) Description d'une collection de minéraux formée par M. H. Heuland, etc., t. II, pp. 83 et suiv., 1837.

(2) Dans son rapport, M. Renard signale un autre auteur, E. Bertrand, qui a observé des structures analogues, ainsi que l'astérie, dans une quarantaine d'émeraudes de Muso. Quoique Bertrand ne

Les passages mis en italiques par nous se rattachent plus particulièrement à l'un ou l'autre point de notre description; il y a cependant lieu de croire que la pierre de M. Stübel a des caractères plus tranchés que les échantillons de la collection Heuland.

OUVRAGES PRÉSENTÉS.

De Wildeman (E.). Plantae Laurentianae ou Énumération des plantes récoltées au Congo en 1893 et 1895-1896 par Émile Laurent. Bruxelles, 1903; in-8° (57 p.).

van den Bossche (Le baron *Léon*). Icones selectae horti Thenensis. Iconographie de plantes ayant fleuri dans les

parle ni du cloisonnement, ni des stries perpendiculaires aux côtés de l'hexagone, il note aussi la faible dislocation de la croix axiale dans ces trois directions (*Bull. de la Soc. min. de France*, t II, p. 31).

De son côté, M. Cesàro, second rapporteur, a bien voulu nous faire la communication suivante à propos de deux pierres de la même localité, examinées autrefois par lui : « L'une d'elles, d'environ 1 centimètre de hauteur, était terminée d'un côté par une face plane taillée qui montrait les cloisons; de l'autre, par un creux assez large (le bout du petit doigt pouvait y pénétrer). D'après mes propres essais et ceux d'autres auteurs, la symétrie de l'émeraude n'est pas hexagonale, mais bien orthorhombique, avec un prisme primitif d'environ 120° et deux axes optiques très rapprochés. Je considérerai donc ce groupement comme fait d'après la loi de Mallard : n ou $\frac{n}{2}$ cristaux groupés autour d'une arête dont l'angle est d'environ $\frac{2\pi}{n}$ (aragonite, bournonite, etc.). »

collections de M. van den Bossche, Ministre résident, à Tirlemont. Avec les descriptions et annotations de M. Ém. De Wildeman, tome III. Bruxelles; in-8°.

Philippson (Maurice). Contribution à l'étude des réflexes locomoteurs. Paris, 1903; extr. in-4° (2 p.).

Stuyvaert. Étude de quelques surfaces algébriques engendrées par des courbes du second et du troisième ordre. Dissertation inaugurale présentée à la Faculté des sciences de l'Université de Gand pour l'obtention du grade de docteur spécial. Gand, 1902; in-8° (viii-72 p.).

Gillot (H.). Sur la composition chimique des poussières volcaniques de la Martinique. Liège, 1902; extr. in-8° (3 p.).

ANVERS. *Paedologisch Jaarboek* (M.-C. Schuyten). 3^{de} en 4^{de} jaargang, 1902-1903.

—

AMÉRIQUE.

Vollu (Leopoldo-Nery). La trigonométrie universelle. Rio-de-Janeiro, 1902; in-12 (163 p.).

— Théorie analytique des formes et des queues cométaires. In-12 (12 p.).

Saderna Masó (M.). Report on the seismic and volcanic centers of the Philippine archipelago. Manille, 1902; in 8° (26 p.).

Algué (Fr. José). Ground temperature observations at Manila. 1896-1902. Manille, 1902; in-8° (16 p.).

RIO-DE-JANEIRO. *Observatorio*. Anuario, 1902.

BUENOS-AYRES. *Oficina meteorologica*. Anales, tomo XIV. 1901; in-4°.

WASHINGTON. *U. S. Coast and geodetic Survey*. Special publication, n° 7 : The eastern oblique arc of the United

States and osculating spheroid. — Annual Report, 1901. In-4°.

— *U. S. Naval Observatory*. Publications, volume II, 1902. In-4°.

FRANCE.

MARSEILLE. *Faculté des sciences*. Annales, tome XII. 1902; in-4°.

PARIS. *Ministère de l'Instruction publique*. Carte photographique du ciel. Zone + 3, feuille : 46. Zone + 7, feuilles : 3, 4, 18, 121, 124, 142. Zone + 9, feuilles : 1, 3, 18, 121, 123, 168. Zone + 16, feuilles : 23, 78, 124. Zone + 22, feuilles : 21, 61, 66, 67, 79. Zone + 24, feuille 34.

— Atlas photographique de la Lune, 6^e fascicule, planche *f* : image obtenue au foyer du grand équatorial coudé; planches XXX à XXXV. 1902.

GRANDE-BRETAGNE ET COLONIES.

LIVERPOOL. *Biological Society*. Proceedings and transactions, vol. XVI, 1902.

LONDRES. *Institution of civil engineers*. Proceedings, vol. CL, 1902.

Murray (John). Memorandum on the meteorological conditions prevailing in the Indian monsoon Region before the advance of the south-west monsoon of 1902, with an estimate of the probable distribution of the monsoon rainfall in 1902. Simla, 1902; gr. in-8° (27 p.).

ITALIE.

ACIREALE. *R. Accademia di scienze, lettere ed arti*. Atti e Rendiconti, 1898-1900.

PISE. *Società Toscana di scienze naturali*. Atti : Memorie; vol. XVIII, 1902.

ROME. *Specola Vaticana*. Pubblicazioni, volume VI, 1902; in-4°.

NAPLES. *Accademia Pontaniana*. Atti, volume XXXII, 1902.

PAYS DIVERS.

Flora Batava (Jan Kops, Van Eeden en Vuyck), afleveringen 337-340. In-4°.

AMSTERDAM. *Wiskundig Genootschap*. Opgaven, deel VIII, 1899-1902. -- Tables pour les années 1898-1902 de la *Revue semestrielle*.

BERGEN. *Museum*. Aarbog, 1902.

TRONDHJEM. *Kong. Norske Videnskabs Selskab*. Skrifter, 1901.

LUND. *Université*. Acta, 1901, 1. och. 2. Afdelingen. In-4°.



BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1905. — N° 5.

CLASSE DES SCIENCES.

Séance du 7 mars 1905.

M. P. MANSION, directeur, président de l'Académie.

M. le chevalier EDMOND MARCHAL, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. L. Fredericq, *vice-directeur* ; G. Dewalque, Éd. Van Beneden, C. Malaise, F. Folie, J. De Tilly, Ch. Van Bambeke, Alfr. Gilkinet, G. Van der Mensbrugghe, W. Spring, Louis Henry, M. Mourlon, P. De Heen, C. Le Paige, F. Terby, Ch. Lagrange, A. Lancaster, L. Errera, Julien Fraipont, *membres* ; Maurice Delacre, P. Francotte, Paul Pelseneer, A. Gravis et Aug. Lameere, *correspondants*.

M. J. Deruyts écrit pour motiver son absence.

CORRESPONDANCE.

La Classe apprend, sous l'impression d'un douloureux sentiment, la perte qu'elle vient de faire en la personne de sir George-Gabriel Stokes, baronnet, l'illustre physicien de Cambridge (Angleterre), décédé le 1^{er} février. « Il était resté seul, dit M. le Directeur, du brillant groupe de professeurs qui ont fait la gloire de l'Université de Cambridge pendant le dernier quart de siècle : Maxwell († 1879), Adams († 1892), Cayley († 1895), et où il occupait une place si distinguée. Le dernier travail de Stokes est sans doute le court mémoire qu'il a envoyé à M. Mittag-Leffler pour le centenaire d'Abel. »

Sir George-Gabriel Stokes avait été élu associé de la Section des sciences mathématiques et physiques en 1899, année de la célébration, à Cambridge, avec le plus grand éclat, de son cinquantenaire de professorat. Il sera remplacé dans la séance de la Classe du mois de juin prochain.

— La Classe prend également notification de la mort du professeur Dr Fr.-J. Studnička, membre effectif et trésorier de la Société royale des sciences de Bohême, à Prague.

M. le Secrétaire perpétuel adressera les condoléances de l'Académie à l'Université de Cambridge et à la Société royale de Prague.

— M. le Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique envoie, pour les membres de la Classe, trente-

cinq exemplaires du rapport du jury qui a jugé le concours décennal des sciences zoologiques pour la période de 1892-1901.

— M. le Ministre de l'Industrie et du Travail fait savoir, par dépêche du 5 mars, que le jury chargé de juger la VII^e période pour le prix Guinard (le meilleur ouvrage ou la meilleure invention pour améliorer la position matérielle ou intellectuelle de la classe ouvrière) vient de décerner ce prix, d'une valeur de 10,000 francs, à M. Édouard de Pierpont, fondateur de la Fédération mutualiste de l'arrondissement de Dinant et des communes limitrophes.

— M. Alex. de Hemptinne demande le dépôt, dans les archives de l'Académie, d'un pli cacheté portant la date du 7 mars courant. — Accepté.

— Hommages d'ouvrages :

1^o *Gemeinverständlicher Vortrag über die Darwin'sche Theorie, mit Berücksichtigung einiger neueren Untersuchungen*; par L. Errera (traduit par G. Michels);

2^o *Sur la limite de petitesse des organismes*; par L. Errera;

3^o *Les ancêtres des Mosasauriens*; par L. Dollo;

4^o *Le Musée de Bruxelles et les Iguanodons de Bernisart*; par le baron Octave van Ertborn.

— Remerciements.

— Sir Michael Foster, président de la deuxième assemblée générale de l'Association internationale des Académies, annonce que la réunion du Comité international aura lieu à la Société royale de Londres (Burlington House, Piccadilly), le jeudi 4 juin, à 11 heures du matin.

— Le Comité d'organisation du Congrès international de thalassothérapie annonce sa réunion à Biarritz le 19 avril 1903.

PRIX BOLYAI.

(Prix quinquennal de mathématiques fondé par l'Académie hongroise des sciences.)

La Classe prend notification des statuts suivants, relatifs à la *fondation du prix Bolyai* par l'Académie hongroise des sciences :

1. A l'occasion du centième anniversaire de la naissance de Jean Bolyai, l'Académie hongroise des sciences, voulant perpétuer le souvenir de cet illustre savant, ainsi que celui du profond penseur que fut Farkas Bolyai, son père et son maître, a décidé d'instituer un concours quinquennal qui portera le nom de PRIX BOLYAI. Ce prix, qui consistera en une médaille commémorative — dont l'avvers représentera l'Académie avec le panorama de Budapest, et le revers portera une légende — et en une somme de 10,000 couronnes, sera décerné pour la première fois en 1903 à l'auteur du meilleur ouvrage de mathématiques (prises dans le sens le plus général) paru dans la période précitée. Le prix pourra être décerné à tout ouvrage qui en sera jugé digne, quelle que soit la langue dans laquelle il aura été rédigé et quelle que soit la forme sous laquelle il aura été publié. La proclamation du lauréat aura lieu dans l'Assemblée générale de l'Académie, au mois de décembre.

2. Dans le cas où l'ouvrage d'un auteur décédé serait reconnu digne du prix, celui-ci serait attribué à ses héritiers.

5. La troisième section de l'Académie (sciences) est chargée de constituer, dans sa séance du mois de mars, un Comité qui sera composé de quatre membres dont deux étrangers, et qui aura pour mission de juger de la valeur des ouvrages. Le Comité se réunira à Budapest dans la première quinzaine d'octobre et nommera son président et un rapporteur. Celui-ci présentera un rapport détaillé relatif à la décision prise par le Comité. Ce document sera lu à l'Assemblée générale de l'Académie des sciences, le jour où le prix sera décerné.

4. Les ouvrages des auteurs faisant partie du Comité sont exclus du concours, et ils ne seront pas mentionnés dans le rapport du Comité.

5. Les membres étrangers désignés pour faire partie du Comité et qui, prenant part aux délibérations, séjourneront à cet effet à Budapest, recevront une indemnité de 1,000 couronnes. Les honoraires accordés au rapporteur ont été fixés à 500 couronnes.

6. Le rapport sera publié dans le journal *Akadémiai Értesítő*. L'Académie hongroise des sciences publiera ce rapport à l'étranger et en donnera connaissance à toutes les Académies associées.

Le Secrétaire général,

C. SZILY.

CONCOURS POUR LES ANNÉES 1903 ET 1904

ET

PRIX PERPÉTUELS.

PROGRAMME DU CONCOURS POUR 1905.

SCIENCES MATHÉMATIQUES ET PHYSIQUES.

PREMIÈRE QUESTION.

Compléter par de nouvelles recherches nos connaissances sur les combinaisons formées par les corps halogènes entre eux (Fl, Cl, Br, I). — Prix : 1,000 francs.

DEUXIÈME QUESTION.

Trouver la forme des termes principaux introduits, par l'élasticité de l'écorce terrestre, dans les formules de la nutation en obliquité et en longitude. — Prix : 800 francs.

TROISIÈME QUESTION.

On demande une contribution importante à l'étude des formes mixtes renfermant un nombre quelconque de séries de variables ; en appliquer les résultats à la géométrie des espaces quelconques. — Prix : 600 francs.

QUATRIÈME QUESTION.

Trouver, en hauteur et en azimut, les expressions des termes principaux des déviations périodiques de la verticale, dans l'hypothèse de la non-coïncidence des centres de gravité de l'écorce et du noyau terrestres. — Prix : 600 francs.

SCIENCES NATURELLES.

PREMIÈRE QUESTION.

On demande de nouvelles recherches sur le rôle physiologique des substances albuminoïdes dans la nutrition des animaux ou des végétaux. — Prix : 1,000 francs.

Exemples de questions qui pourraient être traitées par les concurrents :

Les albuminoïdes peuvent-ils se transformer en graisse dans l'organisme?

L'oxydation des albuminoïdes joue-t-elle un rôle dans la contraction musculaire?

Les globulines et les albumines du sang ont-elles la même signification physiologique?

Quel rôle jouent les albuminoïdes dans la formation des graisses végétales ou des hydrates de carbone, etc.?

DEUXIÈME QUESTION.

On demande de nouvelles recherches sur l'organisation et le développement d'un PHORONIS, en vue d'élucider les rapports existant entre les animaux de ce genre, les genres RHABDOPLEURA et CEPHALODISCUS, et le groupe des ENTEROPNEUSTES. — Prix : 1,000 francs.

TROISIÈME QUESTION.

Décrire les corps simples, les sulfures et les combinaisons binaires du sol belge. — Prix : 800 francs.

QUATRIÈME QUESTION.

On demande de nouvelles recherches sur les divers étages compris entre le Bruxellien et le Tongrien dans le Brabant. — Prix : 1,000 francs.

CINQUIÈME QUESTION.

Déterminer l'âge géologique des dépôts formés de sables, d'argile plastique et de cailloux de quartz blanc, assimilés dans la légende de la Carte géologique à l'échelle du 40 000^e, à l'Oligocène et désignés par les notations Om et On. — Prix : 1,000 francs. •

Les mémoires devront être écrits lisiblement et pourront être rédigés en français ou en flamand. Ils devront être adressés, franc de port, à M. le Secrétaire perpétuel, au Palais des Académies, avant le 1^{er} août 1905.

**DISPOSITIONS GÉNÉRALES
COMMUNES AUX CONCOURS ANNUELS DE LA CLASSE.**

Voir ci-après programme de 1904, page 505.

PROGRAMME DU CONCOURS POUR 1904.

SCIENCES MATHÉMATIQUES ET PHYSIQUES.

PREMIÈRE QUESTION.

Faire l'exposé des recherches exécutées sur les phénomènes critiques en physique.

Compléter nos connaissances sur cette question par des recherches nouvelles. — Prix : 600 francs.

DEUXIÈME QUESTION.

On demande des recherches nouvelles sur la viscosité des liquides. — Prix : 600 francs.

TROISIÈME QUESTION.

On demande une contribution à l'étude algébrique et géométrique des formes n - linéaires, n étant plus grand que 3. — Prix : 600 francs.

QUATRIÈME QUESTION.

On demande de nouvelles recherches sur la conductibilité calorifique des liquides et des dissolutions. — Prix : 600 fr.

CINQUIÈME QUESTION.

Faire l'historique et la critique des expériences sur l'induction unipolaire de Weber, et élucider, au moyen de nouvelles expériences, les lois et l'interprétation de ce fait physique. — Prix : 800 francs.

SCIENCES NATURELLES.

PREMIÈRE QUESTION.

On demande la revision de la série revinienne du massif cambrien de Stavelot en Belgique, au point de vue de sa division en trois étages, esquissée par Dumont.

Le mémoire devra être accompagné d'une carte au $\frac{1}{40\,000}$, indiquant les limites des étages; mais, comme les ressources de l'Académie n'en permettront pas la publication, ces limites devront être indiquées dans le texte avec les indications nécessaires pour que le lecteur puisse les tracer sur la carte géologique actuelle. — Prix : 800 francs.

DEUXIÈME QUESTION.

Faire l'exposé des recherches sur les modifications produites dans les minéraux par la pression et compléter ces recherches par de nouvelles observations. — Prix : 600 francs.

TROISIÈME QUESTION.

On demande de nouvelles recherches sur le développement de l'Amphioxus, spécialement sur la segmentation, la fermeture du blastopore, la genèse de la notochorde, du névraxe et du mésoblaste. On désire voir élucider la question de savoir si le chevauchement que l'on observe, chez l'adulte, entre les organes homodynames de droite et de gauche est primitif ou secondaire. — Prix : 600 francs.

QUATRIÈME QUESTION.

On demande des recherches nouvelles sur le rôle de la pression osmotique dans les phénomènes de la vie animale. — Prix : 600 francs.

CINQUIÈME QUESTION.

On demande des recherches sur les plantes devoniennes de Belgique, au point de vue de la description, de la position stratigraphique et, si possible, des caractères anatomiques. — Prix : 600 francs.

SIXIÈME QUESTION.

On demande des recherches nouvelles sur l'hétéroécie chez les Champignons parasites. — Prix : 800 francs.

Les mémoires devront être écrits lisiblement et pourront être rédigés en français ou en flamand. Ils devront être adressés, franc de port, à M. le Secrétaire perpétuel, au Palais des Académies, avant le 1^{er} août 1904.

**DISPOSITIONS GÉNÉRALES CONCERNANT
LES CONCOURS DE LA CLASSE.**

L'Académie exige la plus grande exactitude dans les citations; les auteurs auront soin, par conséquent, d'indiquer les éditions et les pages des ouvrages cités. On n'admettra que des planches manuscrites ou photographiques.

Les auteurs ne mettront point leur nom à leur ouvrage; ils y inscriront seulement une devise, qu'ils reproduiront sur un pli cacheté renfermant leur nom et leur adresse; il est défendu de faire usage d'un pseudonyme. Faute de satisfaire à ces formalités, le prix ne pourra être accordé.

Les mémoires remis après le terme prescrit et ceux dont les auteurs se feront connaître, de quelque manière que ce soit, seront exclus du concours.

L'Académie croit devoir rappeler aux concurrents que les mémoires soumis à son jugement sont et restent déposés dans ses archives. Toutefois, les auteurs peuvent en faire prendre copie, à leurs frais, en s'adressant à cet effet au Secrétaire perpétuel.

PRIX PERPÉTUELS.

PRIX CHARLES LEMAIRE

EN FAVEUR DE QUESTIONS RELATIVES AUX TRAVAUX PUBLICS.

(Sixième période : 1^{er} juillet 1901 au 30 juin 1903.)

Extrait du testament mystique de M^{lle} Lemaire, en date du 28 novembre 1890, fondant un prix à la mémoire de son frère, ancien ingénieur des ponts et chaussées :

« Je donne à l'Académie des sciences de Belgique la
» somme de *vingt-cinq mille francs* pour que les revenus
» en soient affectés à la formation d'un prix qui sera
» décerné tous les deux ans, sous le nom de prix Charles
» Lemaire, à l'auteur du meilleur mémoire publié sur
» des questions relatives aux travaux publics. »

Cette donation a été acceptée pour l'Académie par arrêté royal du 28 février 1891.

En conséquence, un prix de *quatorze cents francs* est attribué, pour la sixième période de ce concours, à l'auteur du meilleur mémoire répondant au but de la fondation.

Seront seuls admis les ouvrages présentés par des auteurs belges ou naturalisés. Ils devront être rédigés en français ou en flamand, et publiés en Belgique pendant la période du 1^{er} juillet 1901 au 30 juin 1903.

Le délai pour la remise des ouvrages expirera le 30 juin 1903; ils devront être adressés, franc de port,

à M. le Secrétaire perpétuel de l'Académie, au Palais des Académies, à Bruxelles.

Le résultat du concours sera proclamé dans la séance publique de la Classe des sciences, en décembre 1905.

PRIX ÉDOUARD MAILLY

POUR FAVORISER LES PROGRÈS DE L'ASTRONOMIE EN BELGIQUE.

(Troisième période : 1900-1903.)

Fondation.

M. Édouard Mailly, en son vivant membre de la Classe des sciences de l'Académie, décédé à Saint-Josse-ten-Noode le 8 octobre 1891, avait inscrit la disposition suivante dans son testament :

« Je lègue à l'Académie royale de Belgique une somme de **dix mille francs**, pour fonder un prix à décerner au Belge qui aura fait faire quelque progrès à l'astronomie ou qui aura contribué à répandre le goût et la connaissance de cette science dans le pays. »

Ce legs a été accepté, pour l'Académie, par arrêté royal du 18 janvier 1892.

Règlement.

1. Il est institué, conformément aux vues du fondateur, un prix de **mille francs**, à décerner tous les quatre ans, sous le nom de **Prix Mailly**, par la Classe des sciences de l'Académie, au savant belge ou naturalisé

qui, dans cette période, aura fait faire quelque progrès à l'astronomie, ou aura contribué à répandre le goût et la connaissance de cette science dans le pays.

2. Si un ouvrage imprimé pendant cette période fait partie d'un travail dont le commencement a paru antérieurement, l'ensemble est admis au concours.

Toutefois, si une partie a déjà été couronnée antérieurement, elle ne pourra plus entrer en ligne de compte.

3. Pour les concurrents qui auront contribué à répandre le goût et la connaissance de l'astronomie, l'appréciation devra autant que possible être basée sur des documents publiés.

4. Le prix ne pourra être partagé.

5. Le résultat du concours sera proclamé dans la séance publique de la Classe des sciences de l'Académie.

6. Si le prix n'a pas été décerné, la Classe pourra l'ajouter au capital ou majorer le prix de la période suivante, selon qu'elle le jugera utile.

7. Les commissaires chargés de faire rapport à la Classe seront nommés dans la première séance de janvier.

8. La troisième période prendra fin le 31 décembre 1905.

Les ouvrages devront être adressés, franc de port, avant cette date, au Secrétaire perpétuel de l'Académie, au Palais des Académies, à Bruxelles.

PRIX LOUIS MELSSENS

POUR LA CHIMIE OU LA PHYSIQUE APPLIQUÉES.

(Première période : 1^{er} juillet 1900-30 juin 1904.)

Fondation.

Madame Melsens, veuve de M. Louis Melsens, en son vivant membre de la Classe des sciences de l'Académie, avait inscrit dans son testament les clauses suivantes :

« Voulant réaliser ce que je considère comme un devoir sacré et pour perpétuer, autant qu'il est en mon pouvoir, le souvenir de mon mari bien-aimé Louis-Henri-Frédéric Melsens, et donner à sa mémoire un dernier témoignage d'affection et de gratitude, je donne et lègue à l'État belge, libre de droits de succession :

» 1^o Pour l'Académie royale des sciences, des lettres et des beaux-arts de Belgique, une somme de quinze mille francs, dont les intérêts accumulés seraient consacrés à la fondation d'un prix Melsens.

» Dans ma pensée, ce prix sera décerné tous les quatre ans à l'auteur belge qui aura soumis au jugement de l'Académie un ouvrage remarquable se rapportant à la chimie ou à la physique appliquées. »

Ce legs a été accepté, pour l'Académie, par arrêté royal du 26 mai 1900.

Règlement.

ARTICLE PREMIER. — Conformément aux intentions de la fondatrice, il est institué, sous la dénomination de *Prix Louis Melsens*, un prix à décerner par la Classe des sciences, tous les quatre ans, à l'ouvrage le plus remarquable se rapportant à la *chimie* ou à la *physique appliquées*.

ART. 2. — Sont seuls admis les travaux imprimés ou manuscrits, d'auteurs belges ou naturalisés, soumis au jugement de l'Académie.

ART. 3. — Ces travaux doivent être rédigés en français ou en flamand.

ART. 4. — Les travaux imprimés présentés pour un concours doivent avoir été publiés pendant la période quadriennale que comprend ce concours.

Si un ouvrage présenté, imprimé ou manuscrit, fait partie d'un travail dont le commencement a paru antérieurement, l'ensemble est admis au concours.

Toutefois, si une partie a déjà été couronnée, elle ne pourra plus être prise en considération.

ART. 5. — Le prix ne pourra pas être partagé.

Si le prix n'a pas été décerné, la Classe pourra en ajouter le montant au capital, ou majorer le prix de la période suivante, selon qu'elle le jugera utile.

ART. 6. — L'auteur d'un travail manuscrit présenté pour le concours peut se faire connaître ; sinon, il doit inscrire son nom dans un pli cacheté portant extérieurement une devise reproduite sur le manuscrit.

ART. 7. — Le prix attribué à un ouvrage manuscrit ne sera délivré à l'auteur que contre présentation d'un exemplaire imprimé de son travail.

ART. 8. — Le résultat du concours sera proclamé dans la séance publique de la Classe des sciences de l'Académie.

ART. 9. — Les périodes quadriennales commencent au 1^{er} juillet et finissent au 30 juin de la quatrième année suivante.

ART. 10. — Les ouvrages destinés au concours doivent être adressés, franc de port, à M. le Secrétaire perpétuel de l'Académie, au Palais des Académies, avant la fin de chaque période.

Dispositions spéciales.

(Première période : 1900-1904.)

ARTICLE PREMIER. — Cette période, commencée le 1^{er} juillet 1900, prendra fin le 30 juin 1904.

ART. 2. — La valeur du prix Louis Melsens est fixée pour cette période à *dix-sept cent vingt* francs.

ART. 3. — Les travaux sur lesquels portera ce concours doivent être remis, franc de port, au secrétariat de l'Académie avant le 30 juin 1904.

PRIX CHARLES LAGRANGE

POUR LA PHYSIQUE DU GLOBE.

(Première période : 1901-1904.)

Fondation.

M. Charles Lagrange, directeur de la Classe des sciences pour 1900, avait adressé à l'Académie, sous la date du 30 novembre de cette année, la lettre suivante :

« MONSIEUR LE SECRÉTAIRE PERPÉTUEL,

» J'ai l'honneur de prier l'Académie d'accepter en don un capital de dix mille francs (10,000 francs) en rentes sur l'État belge, pour fonder, au moyen des intérêts accumulés, un prix perpétuel de *Physique du Globe*, à décerner tous les quatre ans.

» P. S. — Dans mon intention, ce prix serait décerné au meilleur travail, mathématique ou expérimental, constituant un progrès important dans la connaissance mathématique de la Terre. Je me réserve de soumettre ultérieurement à l'Académie une rédaction plus développée, la présente lettre ayant pour objet essentiel la fondation même du prix. »

La Classe des sciences, après avoir entendu la lecture de cette lettre, dans sa séance du 2 décembre, a voté ses plus chaleureux remerciements à M. Lagrange pour cette fondation, laquelle a été acceptée, au nom de l'Académie, par un arrêté royal en date du 5 janvier 1901.

M. Charles Lagrange, invité à faire connaître les développements de sa proposition, a répondu de la manière suivante, par lettre du 13 février 1901 :

« MONSIEUR LE SECRÉTAIRE PERPÉTUEL,

» J'ai l'honneur de vous accuser réception de votre lettre en date du 16 janvier, par laquelle vous me faites connaître qu'un arrêté royal du 5 janvier accepte, pour l'Académie, la somme de 10,000 francs, offerte par moi pour la fondation d'un prix de Physique du Globe, et par laquelle vous me demandez de procéder à la rédaction plus développée des conditions de ce concours, annoncée dans ma lettre du 30 novembre 1900.

» Je n'ai, à cet égard, qu'à reprendre les idées résumées dans cette lettre, dont l'objet essentiel était la fondation même du prix. « Dans mon intention », disais-je, « ce prix sera décerné (tous les quatre ans) au meilleur travail, *mathématique ou expérimental*, constituant » un progrès important dans la connaissance mathématique de la Terre. »

» Deux points sont ici en évidence : l'un a trait au caractère mathématique que devront présenter les travaux admis au concours ; l'autre concerne l'étendue de leur champ de recherches.

» Le premier point, par la mention explicite du mot « mathématique », qui embrasse tout le domaine mécanique et physique, élimine de lui-même les travaux purement statistiques sur les observations (c'est-à-dire, dans cet ordre statistique, ceux qui n'auraient pas pour résultat la démonstration d'une nouvelle loi, la découverte d'une force nouvelle, d'une relation nouvelle entre des forces connues, etc.).

» Le second point est relatif au champ des recherches ; par le terme général « connaissance mathématique de la Terre », il attribue toute l'étendue que comporte déjà l'état actuel de la science, ou que font prévoir ses progrès ultérieurs, à la notion du globe comme système mathématique organisé, notion telle que la définit, par ses deux premiers alinéas, mon discours prononcé en séance publique de la Classe des sciences, le 18 décembre 1900 ; c'est-à-dire qu'il admet au concours les travaux de sciences naturelles et de physique sociale, comprenant l'histoire, qui rattacheraient, d'une manière mathématique positive, ces branches d'une science mathématique totale de la Terre, à la Physique du Globe. »

Règlement.

La Classe des sciences offrira tous les quatre ans un prix de *douze cents francs* (sauf réduction motivée par la baisse du taux de l'intérêt de la rente) à l'auteur (belge ou étranger) du meilleur ouvrage, imprimé ou manuscrit, répondant aux vues du fondateur.

La *première période* de ce concours s'ouvrira le 1^{er} janvier 1901 et sera close le 31 décembre 1904.

Pour chaque période, seront admis à concourir les travaux adressés (franc de port) à M. le Secrétaire perpétuel de l'Académie royale de Belgique, au Palais des Académies, à Bruxelles, avant le 1^{er} janvier qui commence la période suivante du concours.

Les ouvrages imprimés devront avoir été publiés pendant les dix années qui précèdent la clôture de la période de concours. Les travaux manuscrits pourront être signés.

Dans le cas où l'auteur désirerait conserver l'anonyme, il sera tenu d'inscrire une devise sur son mémoire, devise qui sera reproduite sur l'enveloppe d'un billet cacheté faisant connaître son nom et son domicile. Il est défendu de faire usage d'un pseudonyme.

Le prix remporté par un travail manuscrit ne sera délivré que contre la présentation du premier exemplaire imprimé de ce travail.

Le résultat du concours sera proclamé dans la séance publique annuelle de la Classe des sciences.

Dans le cas où le concours demeurerait sans résultat, la Classe pourra doubler le prix de la période suivante ou augmenter le capital, selon qu'elle le jugera convenable.

PRIX DE SELYS LONGCHAMPS

POUR LA FAUNE BELGE.

(Première période : 1^{er} mai 1901-1^{er} mai 1906.)

Fondation.

Le baron Michel-Edmond de Selys Longchamps, membre de la Classe des sciences de l'Académie, décédé à Liège le 11 décembre 1900, avait inscrit la clause suivante dans son testament :

« Je laisse à la Classe des sciences de l'Académie royale de Belgique une rente annuelle et perpétuelle de cinq cents francs à charge de l'employer à décerner des prix biennaux, triennaux ou quinquennaux à des

mémoires, publiés ou à publier, concernant la faune de Belgique. »

Cette donation a été acceptée au nom de l'Académie par arrêté royal du 18 mars 1901.

Règlement.

La Classe des sciences décernera tous les cinq ans un prix de 2,500 francs (sauf réduction motivée par la baisse du taux de l'intérêt de la rente) à l'auteur ou aux auteurs, belges ou étrangers, du meilleur ouvrage original, imprimé ou manuscrit, portant sur l'ensemble ou sur une partie de la faune belge.

[La Classe est d'avis que les mots « faune belge » ne doivent pas nécessairement être entendus dans le sens de « faune actuelle ». Le prix pourra être décerné à un travail traitant d'une faune antérieure à la faune actuelle, dans le cas où aucun des mémoires ayant celle-ci pour objet ne mériterait le prix.]

La première période de ce concours s'ouvrira le 1^{er} mai 1901 et sera close le 1^{er} mai 1906.

Pour chaque période, seront admis à concourir :

1^o Les travaux manuscrits adressés, franc de port, à M. le Secrétaire perpétuel de l'Académie royale de Belgique, au Palais des Académies, à Bruxelles, avant le 1^{er} mai qui commence la période suivante du concours ;

2^o Les ouvrages imprimés qui auraient été publiés pendant les dix années qui précèdent la clôture de la période du concours.

Les travaux manuscrits pourront être signés. Dans le cas où le ou les auteurs désireraient conserver l'anonymat

ils seront tenus d'inscrire une devise sur leur mémoire, devise qui devra être reproduite sur l'enveloppe d'un billet cacheté faisant connaître leurs nom et domicile.

Le prix en aucun cas ne pourra être divisé.

La Classe des sciences nommera, pour juger ce concours, une Commission de trois membres; elle pourra désigner éventuellement, comme commissaires, des naturalistes ne faisant pas partie de l'Académie.

Le résultat du concours sera proclamé dans la séance publique annuelle de la Classe.

Dans le cas où le concours demeurerait sans résultat, la Classe pourra ou doubler le prix de la période suivante, ou augmenter le capital.

PRIX THÉOPHILE GLUGE

FONDÉ EN FAVEUR DE LA PHYSIOLOGIE.

(Deuxième période, 1902-1904.)

Fondation.

Par lettre datée de Nice, le 25 janvier 1902, M. John Jaffé et M^{me} Anna Gluge ont écrit à la Classe des sciences :

« A l'occasion du 50^e anniversaire de la naissance de ma femme, nous nous sommes décidés, en mémoire et pour perpétuer le souvenir de son vénéré père, le professeur Gluge, qui a été pendant longtemps membre de l'Académie, à fonder un prix biennal de 1,000 francs, pour le meilleur travail de physiologie fait pendant les deux ans.

» Nous entendons ne mettre aucune restriction à

l'attribution de ce prix, seulement nous désirons qu'il soit décerné sans distinction de nationalité ou de religion.

» Le prix devra porter la dénomination : *Prix Théophile Gluge*. Il pourra déjà être attribué cette année.

» Cette fondation a été acceptée pour l'Académie par arrêté royal du 18 mars 1902. »

Règlement.

1. Il est institué, sous le nom de *Prix Théophile Gluge*, un prix biennal de *mille francs*, à décerner à l'auteur (belge ou étranger) du meilleur travail de physiologie, manuscrit ou publié pendant les deux années précédant la date de clôture de chaque concours.

2. Les mémoires destinés au concours devront être adressés, franc de port, avant le 31 décembre de chaque année à millésime pair (1902, 1904, etc.), à M. le Secrétaire perpétuel de l'Académie, au Palais des Académies, Bruxelles.

3. Les mémoires manuscrits pourront être signés ou anonymes. Dans ce dernier cas, ils porteront une devise, qui sera répétée à l'extérieur d'un pli cacheté, faisant connaître le nom et le domicile de l'auteur.

4. Les mémoires devront être rédigés en français ou en néerlandais, ou être accompagnés d'une traduction dans une de ces langues.

5. Le résultat du concours sera proclamé dans la séance publique annuelle de la Classe des sciences.

PRIX FRANÇOIS DERUYTS.

(Première période : 1902-1906.)

ARTICLE PREMIER. — Il est institué, sous le nom de *Prix François Deruyts*, un prix de 4,200 francs (sauf réduction motivée par l'abaissement du taux de la rente), à décerner tous les quatre ans au savant, ou au groupe de savants qui aura fait faire quelque progrès à la *Géométrie supérieure synthétique ou analytique*.

ART. 2. — Sont seuls admis au concours les travaux imprimés ou manuscrits d'auteurs belges ou naturalisés, sauf l'exception prévue à l'article 7.

ART. 3. — Les travaux imprimés doivent avoir été publiés pendant la période du concours ou pendant la période précédente. Pour le premier concours, les travaux imprimés doivent avoir été publiés après le 1^{er} janvier 1902.

ART. 4. — Le prix ne pourra pas être partagé, hors le cas où il serait décerné pour un travail fait en collaboration.

ART. 5. — L'auteur d'un travail manuscrit présenté pour le concours peut se faire connaître; sinon, il doit inscrire son nom et son domicile dans un pli cacheté portant extérieurement une devise reproduite sur le manuscrit.

ART. 6. — Le prix attribué à un ouvrage manuscrit ne sera délivré que contre présentation d'un exemplaire imprimé du travail.

ART. 7. — Si le prix n'est pas décerné dans les condi-

tions ci-dessus indiquées, la Classe des sciences de l'Académie pourra en employer le montant, suivant qu'elle le jugera convenable, soit à augmenter le capital de fondation, soit à établir un concours spécial sur une question de géométrie supérieure à proposer, en admettant indistinctement les auteurs belges et étrangers.

ART. 8. — Le résultat du concours sera proclamé dans la séance publique de la Classe des sciences de l'Académie.

ART. 9. — Les périodes quadriennales commencent au 1^{er} mai 1902.

ART. 10. — Les auteurs qui désirent soumettre leurs travaux au concours, doivent les adresser, franc de port, à M. le Secrétaire perpétuel de l'Académie avant la fin de chaque période.

Le jury nommé par l'Académie pourra néanmoins comprendre dans le concours des travaux imprimés qui n'auraient pas été expressément envoyés pour y prendre part.

RAPPORTS.

Sur la période du mouvement absolu d'un point de la Terre autour de l'axe instantané; par F. Folie.

Rapport de M. U. Le Paige, premier commissaire.

« La publication du mémoire de M. Darwin et des rapports sur ce travail me semble rendre inutile un rapport sur la note de M. Folie.

Je n'ai pas à proposer l'impression de ce travail d'un de mes honorables confrères, impression qui est pour ainsi dire de droit. »

Rapport de M. Ch. Lagrange, second commissaire.

« Il m'est impossible, à mon bien grand regret, d'émettre un avis favorable au sujet du travail de notre honorable confrère.

Pour le fond de la question traitée dans le mémoire actuel, je n'ai qu'à renvoyer aux deux mémoires où, il y a près de dix ans, j'ai analysé sous une forme mathématique précise, et aussi interprété géométriquement, la question des axes géographiques et astronomiques (1).

Cette analyse subsiste, et les critiques rééditées par l'auteur à l'adresse des astronomes et des géodésiens ne sont pas plus fondées aujourd'hui qu'elles ne l'étaient il y a dix ans.

La conception qu'il présente du mécanisme de la rotation est inadmissible, ainsi que je le fais voir dans une Note, concomitante du rapport actuel. Quant au mémoire de M. Darwin, qui n'apporte en réalité aucun appui à celui de l'auteur, mémoire que mentionne le premier commissaire, et quant aux formules mêmes établies par ce dernier dans son rapport sur ce mémoire, le tout, variation eulérienne de l'angle horaire instantané et formules, se trouve établi tout au long par moi dans les mémoires que je viens de rappeler, insérés en 1894-1895 dans notre *Bulletin*. C'est ce que je constate dans la Note

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3^e sér., t. XXVII, n^o 5, pp. 549-580, 1894; et 3^e sér., t. XXIX, n^o 2, pp. 257-276, 1895.

annoncée plus haut et dont j'aurai l'honneur de donner lecture à l'Académie.

D'ailleurs, et cela va sans dire, je me rallie bien volontiers à l'avis de M. le premier commissaire (et je crois d'ailleurs utile à la discussion), de considérer comme de droit l'impression dans le *Bulletin* du travail de notre honorable confrère. »

Conformément au désir exprimé par M. Folie, les rapports des commissaires seront imprimés au *Bulletin*.

COMMUNICATIONS ET LECTURES.

Sur la nutation chandlérienne (complément à mon rapport sur le mémoire de M. G.-H. Darwin); par F. Folie, membre de l'Académie.

« Lorsque M. Darwin a bien voulu m'autoriser à communiquer à l'Académie *The Eulerian nutation of the Earth's axis*, quoique mon état de santé m'empêchât de faire un rapport détaillé sur ce profond travail, j'ai voulu sans tarder en proposer l'impression, ayant eu, depuis assez longtemps, l'occasion de le lire, grâce à la communication que l'auteur avait eu l'obligeance de m'en faire.

La partie principale, sur laquelle j'ai fait un rapport sommaire, est absolument irréprochable, dans le cas, considéré par l'auteur, où l'on fait abstraction des forces perturbatrices : je traiterai prochainement la question en tenant compte de ces forces.

Mais j'ai trouvé, dans le mémoire de M. Darwin, une

assertion que je ne crois pas avoir rencontrée dans la première minute qu'il m'a communiquée; elle ne se rapporte, au reste, nullement à sa théorie et ne l'infirmes en rien; elle semble même tellement accessoire qu'elle peut être supprimée sans que le travail en subisse le plus léger amoindrissement.

Elle est, toutefois, d'une importance théorique tellement capitale que je crois indispensable de la discuter.

Voici le passage du travail de M. Darwin auquel je ne puis me rallier :

« La nutation eulérienne d'une Terre absolument rigide serait telle que celle-ci décrirait un cercle autour de C (pôle géographique) en une période de 506 jours; si nous admettons que la Terre cède, en vertu de son élasticité, à la force centrifuge, la période de ce mouvement circulaire est augmentée, et l'observation montre qu'à la période de 506 jours environ en est substituée une de 450 jours environ. »

Certainement, la période théorique du mouvement eulérien, déterminée par $\frac{C - A}{A}$, serait trop faible, à raison de l'effet de la force centrifuge, si ce rapport avait été déterminé pour une Terre rigide. Mais il n'en est rien. On a pu le déterminer : 1° approximativement par la mesure des arcs de méridien, qui a donné un aplatissement compris entre $\frac{1}{292}$ et $\frac{1}{293}$, aplatissement qui diffère fort peu de $\frac{C - A}{A}$; 2° plus exactement par la comparaison des constantes de la précession et de la nutation, qui a donné $\frac{C - A}{C} = \frac{1}{305}$ (*).

(*) *Théorie des mouvements diurne, annuel et séculaire de l'axe du monde*, p. 63.

Les valeurs de $\frac{C}{A}$ déduites de ces deux déterminations ne diffèrent entre elles que de 0.00014 environ.

Or c'est bien pour la Terre dans sa forme actuelle, c'est-à-dire renflée par la force centrifuge, que ces deux valeurs ont été déterminées, et non pas pour une Terre soustraite à l'action de cette force.

La période eulérienne est donc bien de 305 jours environ, et les observations en démontrent l'existence (*), mais elles prouvent également l'existence de la période chandlérienne de 430 jours.

Comment expliquer celle-ci ?

Newcomb a essayé de le faire (M. N., 1895); notre conclusion précédente s'applique également à son explication.

Pour nous, l'explication résulte du fait que la Terre se compose de deux parties, un noyau plus ou moins fluide à sa surface et une écorce solide.

Montrons que de ce fait résulte pour l'écorce l'existence de deux nutations de caractère eulérien.

Soient A_1, B_1, C_1 les moments d'inertie principaux du noyau, A_2, B_2, C_2 ceux de l'écorce; $l_1, m_1, l_2 = l_1 - \lambda, m_2 = m_1 - \mu$ leurs vitesses respectives autour des axes X, Y; d'où il résulte que λ est la différence de l_1 et de l_2 , μ de m_1 et de m_2 . En appelant L et M les moments des actions mutuelles autour des axes X, Y, et en négligeant le frottement (**), les deux premières équations d'Euler

(*) Voir la Note suivante.

(**) Celui-ci n'introduit que des termes de la forme e^{-kt} qui sont bien probablement insensibles à l'époque actuelle. (Voir la *Théorie du mouvement de l'écorce terrestre autour de son centre de gravité.*)

s'écriront, en considérant un même rayon de l'ellipsoïde :

$$\text{I.} \quad \left. \begin{aligned} A_1 \frac{dl_1}{dt} &= -(C_1 - B_1) n (m_1 + q) + L \\ B_1 \frac{dm_1}{dt} &= (C_1 - A_1) n (l_1 + p) + M \end{aligned} \right\} \text{pour le noyau ;}$$

$$\text{II.} \quad \left. \begin{aligned} A_2 \frac{dl_2}{dt} &= -(C_2 - B_2) n (m_2 + q) - L \\ B_2 \frac{dm_2}{dt} &= (C_2 - A_2) n (l_2 + p) - M \end{aligned} \right\} \text{pour l'écorce ; ou}$$

$$\text{II'.} \quad \begin{aligned} A_2 \frac{d(l_1 - \lambda)}{dt} &= -(C_2 - B_2) n (m_1 + q - \mu) - L \\ B_2 \frac{d(m_1 + \mu)}{dt} &= (C_2 - A_2) n (l_1 + p - \lambda) - M. \end{aligned}$$

Si l'on divise ces équations par le coefficient du premier membre, et qu'on en fasse la somme deux à deux, on aura, en négligeant, dans une première approximation, les produits de $\frac{C_1 - B_1}{A_1} - \frac{C_2 - B_2}{A_2}$ par λ ou μ , qui sont moindres que l_1 ou m_1 et par conséquent très petits :

$$\text{III.} \quad \begin{aligned} \frac{dl}{dt} &= - \frac{C - B}{A} n (m + q) + \frac{1}{2} L \left(\frac{1}{A_1} - \frac{1}{A_2} \right) \\ \frac{dm}{dt} &= \frac{C - A}{B} n (l + p) + \frac{1}{2} M \left(\frac{1}{B_1} - \frac{1}{B_2} \right), \end{aligned}$$

où

$$l = \frac{l_1 + l_2}{2}, \quad \frac{C - B}{A} = \frac{1}{2} \left(\frac{C_1 - B_1}{A_1} + \frac{C_2 - B_2}{A_2} \right), \text{ etc.}$$

Les termes qui dépendent des constantes arbitraires (nutation eulérienne) sont, dans l'hypothèse $B = A$:

$$l = \gamma_1 \cos (n_1 t + \beta_1),$$

$$m = \gamma_1 \sin (n_1 t + \beta_1),$$

ι_1 représentant $\frac{C-A}{A}$.

Leur période dépend donc de la moyenne des moments perturbateurs de l'écorce et du noyau.

De la différence des équations I et II' on tire de même, en supposant provisoirement $\frac{C_1 - B_1}{A_1} = \frac{C_2 - B_2}{A_2}$:

$$\begin{aligned} \text{IV.} \quad \frac{d\lambda}{dt} &= - \frac{C_2 - B_2}{A_2} n\mu + \frac{1}{2} L \left(\frac{1}{A_1} + \frac{1}{A_2} \right) \\ \frac{d\mu}{dt} &= \frac{C_2 - A_2}{B_2} n\lambda + \frac{1}{2} M \left(\frac{1}{A_1} + \frac{1}{A_2} \right). \end{aligned}$$

Pour les termes dépendant des constantes arbitraires, on aura

$$\lambda = \gamma_2 \cos (n_2 t + \beta_2)$$

$$\mu = \gamma_2 \sin (n_2 t + \beta_2),$$

ι_2 représentant $\frac{C_2 - A_2}{A_2}$, en admettant que $B_2 = A_2$.

Des valeurs de l , m , λ , μ nous déduirons, puisque

$$l_2 = l - \frac{1}{2} \lambda, \quad m_2 = m - \frac{1}{2} \mu :$$

$$l_2 = \gamma_1 \cos (n_1 t + \beta_1) - \frac{1}{2} \gamma_2 \cos (n_2 t + \beta_2),$$

$$m_2 = \gamma_1 \sin (n_1 t + \beta_1) - \frac{1}{2} \gamma_2 \sin (n_2 t + \beta_2).$$

Telles sont les vitesses angulaires de l'écorce qui dépendent des constantes arbitraires.

La nutation initiale de l'écorce terrestre se compose donc de deux parties :

L'une est la nutation eulérienne proprement dite; sa période est donnée par

$$\frac{1}{2} \left\{ \frac{C_1 - A_1}{A_1} + \frac{C_2 - A_2}{A_2} \right\}$$

et dépend donc à la fois des moments d'inertie de l'écorce et de ceux du noyau. On ne pourrait pas affirmer qu'elle est donnée par $\frac{C-A}{A}$ relatif à la Terre entière; et l'observation lui assignera probablement une valeur un peu différente de 305 jours (*).

(*) La comparaison des observations de Struve en ascension droite (1824) : 1° avec celles de Lindhagen en ascension droite (1843), 2° avec celles de Peters en D (1843), m'a donné pour la période eulérienne : 1° 304.8, 2° 318.6 jours; pour la chandlérienne, 447.2 et 460.3 jours. Des latitudes de Greenwich, j'ai déduit pour les coefficients de ces deux nutations 0'',16 et 0''09. De celles de Poulkova, 0'',09 et 0'',13.

(Voir *Trente-cinq années de travaux mathématiques et astronomiques*, 2° fascicule, pp. 26 et 29. Rome, 1903.)

La période de la seconde partie de la nutation initiale dépend *surtout* des moments d'inertie de l'écorce, je dis surtout, puisque j'ai négligé $\frac{C_1 - B_1}{A_1} - \frac{C_2 - B_2}{A_2}$ dans sa détermination. Ces moments nous sont absolument inconnus ; j'ai admis que cette seconde partie de la nutation initiale est la nutation chandlérienne, dont j'ai trouvé la période de 431 jours assez bien confirmée par les observations (*).

Toutefois, comme Chandler, dans ses recherches, n'a jamais tenu compte de la nutation eulérienne proprement dite, il est possible que sa période, comme celle d'Euler, doive subir une légère modification.

La détermination exacte de ces deux périodes ainsi que des coefficients γ_1, γ_2 et des β_1 ou β_2 nécessitera encore de longs et pénibles travaux.

De

$$\frac{d\vartheta}{dt} = -l \cos \varphi + m \sin \varphi,$$

$$\sin \theta \frac{d\psi}{dt} = l \sin \varphi + m \cos \varphi, \text{ ou } \varphi = \varphi_0 + nt,$$

on conclut que les variations initiales en obliquité et en longitude ont deux périodes : l'une de $\frac{1}{1 + i_1}$, l'autre de $\frac{1}{1 + i_2}$ jour sidéral. Mais j'ai trouvé qu'il existe de plus pour l'écorce un terme à constantes arbitraires dont l'argument est, en obliquité et en longitude, $n_{i_2}t + \beta'$ et

(*) Voir le travail cité ci-dessus.

dont la période est par conséquent $\frac{1}{t_2}$ ou 450 jours sidéraux environ (*).

Ce terme, à l'inverse des deux précédents qui appartiennent à la nutation spéciale (variable avec la longitude de l'observatoire), rentre dans la nutation générale (la même pour tous les observatoires). Je le crois très faible; l'observation semble toutefois en manifester l'existence (**).

—

Sur la période du mouvement absolu d'un point de la Terre autour de l'axe instantané; par F. Folie, membre de l'Académie.

1. Il y a un an, j'ai trouvé deux termes pour l'expression de la nutation eulérienne de l'axe instantané.

Récemment, j'ai constaté que ces deux termes s'entre-détruisent et que cette nutation est nulle à une très petite quantité près (***), absolument insensible aux observations, un seul cas excepté, celui des termes séculaires dans lesquels cette très faible nutation interviendrait.

Je laisse ce cas de côté et ne m'occuperai, de plus, que de la Terre supposée rigide.

(*) *Théorie du mouvement de rotation de l'écorce solide du globe.* Bruxelles, 1898.

(**) Les observations de Peters m'ont donné 0'',04 pour le coefficient de ce terme, et son introduction a réduit de moitié l'erreur probable d'une observation. Celles de Lindhagen ont donné un coefficient certainement trop fort, 0'' (*Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*). Nous sommes bien éloignés encore, on le voit, de la solution complète du problème de la variation des latitudes.

(***) $\frac{1''}{2000}$ environ.

L'axe instantané de rotation est donc *immuable* dans l'espace, abstraction faite des forces perturbatrices.

2. La Terre tourne uniformément avec une vitesse $n = 2\pi$ (l'unité étant le jour sidéral) autour de son axe géographique Z, et, de plus, avec une vitesse $n\gamma$ autour d'un axe U perpendiculaire à Z et effectuant en 305 jours sidéraux une révolution complète dans le plan des xy (équateur).

Ces deux mouvements se composent en un seul $\omega = n\sqrt{1 + \gamma^2} = n$ autour d'un axe I incliné de γ sur l'axe Z.

Appelant Γ l'angle que la projection équatoriale I' de I fait avec χ fixe dans la Terre, $\Gamma = \mu t - \sigma$ (période 305 jours sidéraux); β l'angle de $\varphi + \Gamma$, les expressions de l'obliquité et de la longitude peuvent s'écrire, dans le système des axes principaux :

$$(1) \dots \dots \left\{ \begin{array}{l} \theta = \theta_m + \Delta\theta - \gamma \sin \beta \\ \psi = \psi_m + \Delta\psi + \frac{\gamma}{\sin \theta} \cos \beta. \end{array} \right.$$

$\Delta\theta$ et $\Delta\psi$ sont les variations qui proviennent des forces perturbatrices, γ est le coefficient de la nutation eulérienne.

En prenant pour référence l'axe I, nous avons trouvé, par une simple transformation trigonométrique :

$$(2). \dots \theta_1 = \theta - \gamma \cos \zeta. \qquad \psi_1 = \psi - \frac{\gamma}{\sin \theta} \sin \zeta.$$

eulérienne, en rapportant les *coordonnées* au pôle et à l'équateur instantanés. Mais tel n'est pas le cas.

Commençons par constater que l'argument ξ du mouvement *apparent* du pôle instantané autour du pôle géographique supposé fixe a une période

$$T = \frac{1}{1 + \frac{\mu}{n}} = \frac{1}{1 + \frac{1}{305}} = \frac{305}{306} \text{ jours sidéraux}$$

et non 305 jours sidéraux, comme on le croit très généralement; j'ai dit *apparent*, puisque le pôle instantané est immuable dans le ciel et que c'est en fait le pôle géographique qui tourne autour de lui en $\frac{305}{306}$ jours sidéraux, d'où l'expression de *variations journalières de la hauteur du pôle* (Laplace), que j'ai si souvent répétée et à laquelle ont contredit plusieurs astronomes très distingués (Radau, Tisserand, B. A., 1890) (*).

4. Cette idée fondamentale semble être en contradiction complète avec celle que les astronomes se forment du mouvement du pôle instantané. Avant de la poursuivre dans ses conséquences, qui sont l'incorrection des déter-

(*) Si l'on était tenté de révoquer en doute la correction des calculs précédents, je me bornerais à répondre que, si ξ n'était pas égal à

$$\frac{\pi}{2} + \beta = \frac{\pi}{2} + \varphi + \Gamma,$$

la nutation eulérienne de l'axe instantané ne serait pas nulle, comme je l'ai cru longtemps, et que l'on n'aurait pas

$$\alpha_i = \alpha_m + \Delta\alpha, \quad \delta_i = \delta_m + \Delta\delta,$$

formules adoptées par tous les astronomes.

minations de l'heure et de l'ascension droite dans le système de l'axe instantané, tâchons d'en exposer les raisons sans nous aider du calcul, car un phénomène n'est bien expliqué que si ces raisons sont clairement exposées.

Nous avons dit que l'axe de rotation est immuable dans l'espace et que la vitesse autour de cet axe est la même qu'autour de l'axe géographique.

Les astronomes partent de ce dernier fait pour déterminer l'heure et l'ascension droite dans le système de l'axe instantané.

Ils ont tort, parce qu'ils omettent de tenir compte du déplacement du pôle instantané à la surface de la Terre, ou, en termes plus explicites, du mouvement $u = n\gamma$ de la Terre autour de l'axe U (voir art. 2), axe qui effectue en 505 jours sidéraux une révolution complète dans le plan de l'équateur (xy).

La vitesse angulaire de tout point de la Terre autour de l'axe I est bien $n\sqrt{1 + \gamma^2} = n$, et la période de *ce* mouvement est bien le jour sidéral; mais en *lui* ne consiste pas *tout* le mouvement du point considéré. Ce point est entraîné avec l'axe U dans un mouvement dont la période est de 505 jours sidéraux.

La combinaison de ces deux mouvements donne pour résultante un mouvement d'une période de

$$\frac{1}{1 - \frac{1}{505}} = \frac{505}{504} \text{ jours sidéraux (*)}.$$

(*) Voir l'Appendice à ce travail.

Autrement encore :

L'axe géographique Z étant supposé fixe, on sait que la révolution de l'axe instantané I s'effectue autour de lui en 305 jours sidéraux ou, puisque I est immuable, c'est Z qui effectue cette révolution autour de I; or Z est, dans la Terre, une succession de points matériels invariablement reliés à tous les autres points; ceux-ci sont donc entraînés dans ce mouvement d'une période de 305 jours sidéraux, mais ils tournent autour de Z en un jour sidéral. La période de leur mouvement absolu autour de I est donc

$$\frac{1}{1 - \frac{1}{305}} \text{ jours sidéraux.}$$

5. Tel est le fait capital dont je ne vois tenir aucunement compte dans la détermination de l'heure et de l'ascension droite. Il est vrai qu'on ne les définit pas (Oppolzer le déclare, page 198) dans l'équateur et le méridien instantanés, mais dans l'équateur géographique et dans un méridien fixe.

Alors, on ne peut pas écrire

$$(4). \quad \alpha = \alpha_m + \Delta\alpha;$$

on doit écrire, en partant des formules (1)

$$(5). \quad \alpha = \alpha_m + \Delta\alpha + \gamma \operatorname{tg} \delta \sin (\beta - \alpha) \quad (*)$$

$$= \alpha_m + \Delta\alpha \pm \gamma \operatorname{tg} \delta \sin (\mu t + L - \sigma)$$

dans le méridien, L désignant la longitude orientale du

(*) Je fais rentrer dans la correction de la pendule la nutation eulérienne de l'équinoxe en ascension droite.

premier méridien, qui passe par l'axe principal X; les signes $\pm$ se rapportent à un passage *s* ou *i*.

En omettant de tenir compte du déplacement du pôle instantané à la surface de la Terre dans la formule de l'ascension droite (on en tient compte en D par la variation des latitudes), déplacement qui n'est que la traduction du mouvement de la Terre autour de l'axe U, et de celui de cet axe dans le plan de l'équateur, les astronomes n'ont donc envisagé qu'une des deux composantes de la nutation eulérienne, la nutation en déclinaison (variation des latitudes); ils ont complètement négligé la nutation en ascension droite.

Ils auraient raison si leurs formules et leurs observations étaient rapportées au pôle, à l'équinoxe et au méridien instantanés.

Ils ont tort, puisque tel n'est pas le cas, ni pour leurs formules (Oppolzer, *loc. cit.*), ni pour leurs observations qu'ils calculent comme si la période du mouvement absolu du lieu d'observation autour de l'axe de rotation était d'un jour sidéral, tandis qu'elle est en réalité de $\frac{305}{304}$ jours sidéraux (*).

6. Aussi ne doit-on pas être surpris des mécomptes que les astronomes les plus habiles rencontrent dans leurs déterminations de l'azimut de la lunette méridienne. En voici quelques exemples (**):

1868. Mars 30.	Heure sidérale :	9h24 ^m	19h42 ^m	0h4 ^m
	Azimut :	— 0 ^s , 12	— 0 ^s , 33	— 0 ^s , 23..

(*) Voir l'Appendice à ce travail.

(**) WAGNER, *Observations de Poulkova*, t. XII, Introduction.

Et je n'ai jamais rien pu tirer, quant à la nutation eulérienne, des observations modernes en ascension droite, tandis que celles en D ou en latitude me donnaient d'excellents résultats, de même que les anciennes observations en ascension droite, faites dans un méridien fixe, avant l'introduction du système de l'axe instantané. (F.-W. Struve et Preuss.)

7. Si donc on veut conserver la formule de la variation des latitudes

$$\Phi_i = \Phi + \gamma \cos(\mu l + \lambda),$$

rapportée au pôle instantané, à laquelle on joint correctement

$$\delta_i = \delta_m + \Delta\delta,$$

on doit, pour l'ascension droite, faire usage de la formule (5), et non de

$$\alpha_i = \alpha_m + \Delta\alpha \quad (4),$$

puisque l'heure, base de la détermination de l'ascension droite, est indéfinissable et indéterminable dans le méridien instantané, jusqu'au jour où l'on aura les expressions correctes de l'heure et de l'ascension droite dans ce système.

Et si on les possédait même, nul astronome ne consentirait à en faire usage, puisque, sur un même méridien géographique, l'heure varierait, au même instant, avec la latitude du lieu d'observation, et serait même sujette à des variations *journalières*.

En appelant heure sidérale l'ascension droite du zénith, il est facile, en effet, de démontrer que la différence $\tau, - \tau$ des heures rapportées à l'un ou à

l'autre pôle renferme le terme $\gamma \operatorname{tg} \Phi \sin \beta$. Par suite, τ étant uniforme, τ_i est sujet à des variations diurnes ($\beta = \varphi + \mu t - \sigma$) dépendant de la latitude Φ , et qui sont du même ordre γ que les variations de latitude.

On peut donc affirmer, je pense, que jamais on ne songera à définir l'heure, ni par conséquent l'ascension droite, dans l'équateur instantané.

Et c'est la formule (5) qui doit remplacer la formule usitée (4).

Les astronomes, en croyant pouvoir écrire logiquement et correctement

$$(6) \quad \alpha_i = \alpha_m + \Delta\alpha, \quad \delta_i = \delta_m + \Delta\delta, \quad \Phi_i = \Phi + \gamma \cos(\mu t + \lambda)$$

se sont donc trompés quant à α_i , qu'ils ne définissent ni ne déterminent.

Les seules formules logiques et rigoureuses sont, pour un passage supérieur,

$$(7) \quad \begin{aligned} \alpha &= \alpha_m + \Delta\alpha + \gamma \operatorname{tg} \delta \sin(\mu t + \lambda) \\ \delta &= \delta_m + \Delta\delta - \gamma \cos(\mu t + \lambda). \end{aligned}$$

Le dernier terme, pris en signe contraire, est ce que l'on nomme la variation des latitudes, ou celle du pôle instantané, quoique nous ayons encore une observation très importante à faire à ce sujet.

8. La troisième des formules (6) usitées par les astronomes n'est pas l'expression de la latitude rapportée au *véritable* axe instantané, mais à un axe *fictif*, résultant de la composition de la vitesse constante de la Terre autour de son axe principal Z avec la vitesse eulérienne autour de l'axe U (voir art. 2).

On a pensé que la précession et la nutation n'affectent en rien la position de l'axe instantané à la surface de la Terre.

C'est une grave erreur, déjà signalée en 1848 par Poincot, et facile à réfuter en partant des équations mêmes du mouvement de rotation de la Terre.

Les expressions des vitesses de la Terre autour des axes principaux X, Y, Z, déduites de ces équations, sont, si l'on néglige des quantités très petites (*),

$$\begin{aligned} l &= \gamma_1 \cos (\mu t - \sigma) - \frac{C - A}{A} \Sigma u \sin (v_1 t \pm \varphi) \\ m &= \gamma_1 \sin (\mu t - \sigma) \mp \frac{C - A}{A} \Sigma u \cos (v_1 t \pm \varphi) \\ n &= c^{te}. \end{aligned}$$

On en tire $\omega = n$ avec une exactitude plus qu'amplement suffisante; et, pour les angles de l'axe instantané avec les axes principaux,

$$\cos \alpha' = \frac{l}{\omega}, \quad \cos \beta' = \frac{m}{\omega}.$$

Les astronomes ne tiennent compte que du premier des termes l et de m . Or, en ce qui concerne la précession, $\frac{C-A}{A} u$ est égal à 20'' par an; si l'on estime γ égal à 0''1, $n\gamma$ sera égal à 250''; le premier nombre n'est certes pas négligeable vis-à-vis du second, et même le terme nodal ne devrait pas être négligé, si l'on voulait pousser l'approximation jusqu'aux 0'',01.

(*) *Revision des constantes de l'astronomie stellaire*, p. 64.

Quant à $\sin \gamma'$, au lieu d'être égal à γ , il deviendrait, en ne tenant compte que de la précession :

$$\sin \gamma' = \gamma \left[1 - \frac{1}{44.5} \sin (\varphi + \mu t - \sigma) \right],$$

et serait donc sujet à des variations diurnes, insignifiantes, je le veux bien. Mais il n'en est pas de même des variations diurnes de α' et de β' qui proviennent de la précession ($v_1 = 0$) et du terme nodal de la nutation.

Quelle courbe compliquée, on le voit, que la polhodie décrite à la surface de la Terre par le *véritable* axe de rotation et supposée circulaire dans la formule de la variation des latitudes !

Et j'imagine que tel est bien le problème à la solution duquel concourent les efforts d'un si grand nombre d'astronomes des deux mondes : *Rechercher le mouvement du pôle instantané à la surface de la Terre*, et que ce problème n'aurait plus guère de signification si l'on ajoutait : *dans l'hypothèse que les forces perturbatrices n'existent pas*.

Car, dans cette hypothèse, ce n'est plus le *véritable* pôle instantané dont on rechercherait le mouvement, mais un pôle *fictif* sans nul intérêt pratique.

9. J'ai fait voir ci-dessus qu'en voulant prendre le pôle instantané pour point de référence, les astronomes n'ont tenu compte, dans leur formule de la variation des latitudes, que de la seule nutation eulérienne en D ;

Que leur formule et leurs déterminations de l'ascension droite, donc de l'heure, sont rapportées au pôle géographique, et tout à fait incorrectes, puisqu'elles suppriment la nutation eulérienne de ce pôle ;

Que l'usage du pôle instantané (pour lequel on établirait aisément des formules correctes) ne sera jamais adopté, parce que, s'il supprime la nutation eulérienne, il conduit à des variations diurnes de l'heure qui dépendent de la latitude, et qui sont du même ordre γ que les variations de celle-ci ;

Qu'enfin, dans leur formule de la variation des latitudes, ils n'ont tenu compte que de la nutation eulérienne en déclinaison, et non des variations du pôle instantané dues aux mouvements de précession et de nutation.

Il faut remarquer que ces dernières n'ont rien à voir dans le système des axes principaux, qui ne s'occupe *nullement* de la position de l'axe instantané, tout en pouvant la trouver aisément par le calcul des angles α' , β' , γ' (art. 7).

Un seul système donc est absolument rigoureux, comme je l'affirme depuis douze ans (*), celui des axes principaux et du méridien fixe.

Je ne rappellerai pas ici mes critiques antérieures, résumées en 1892 dans les *Acta mathematica*, et dont je n'ai rien à retrancher, sauf l'affirmation que j'ai émise de l'existence de la nutation eulérienne de l'axe instantané.

10. Je ne me suis occupé ici que de la Terre solide, pour laquelle il n'existe qu'une seule nutation eulérienne, à période de 305 jours.

Pour l'écorce solide, il en existe deux : l'une qui est commune à l'écorce et au noyau, et dont la période doit différer assez peu de 305 jours, l'autre propre à l'écorce seule, et dont la période dépend presque exclusivement

(*) C. R. et B. A., 1890.

des rapports des moments d'inertie de celle-ci entre eux (*); elle ne peut donc être déterminée qu'empiriquement; j'ai admis qu'elle est celle de Chandler.

Tout ce que nous avons dit précédemment s'applique aussi bien à l'une et à l'autre, et à l'ensemble des deux.

J'ai donné, dans l'ouvrage cité en note, les formules qui doivent remplacer celles dont on fait usage.

APPENDICE.

Les astronomes déterminent l'heure et l'ascension droite dans le méridien instantané, en partant du principe unique que la vitesse d'un point de la Terre autour de l'axe instantané est la même qu'autour de l'axe géographique, principe d'une exactitude plus qu'amplement suffisante en pratique, et écrivent en conséquence $\frac{ds}{dt} = n\rho$, oubliant que la vitesse n n'est pas la seule dont ce point est animé.

Pour trouver de la manière la plus simple l'expression correcte $\frac{ds}{dt}$, nous considérons la Terre comme immobile.

Alors le pôle instantané décrit en 305 jours sidéraux autour du pôle géographique un petit cercle dont le rayon est de 0'',4 environ.

Soit I la projection du pôle instantané, G celle du pôle géographique sur l'équateur, ρ et ξ les coordonnées d'un point de l'équateur terrestre relativement à I,

(*) Voir *Théorie du mouvement de rotation de l'écorce solide du globe.*

ρ et $n_0 + nt$ relativement à G, r et $\mu t - \sigma$ celles de I par rapport à G. On a

$$\rho \cos \xi = \rho \cos (n_0 + nt) - \tau \cos (\mu t - \sigma),$$

$$\rho \sin \xi = \rho \sin (n_0 + nt) - \tau \sin (\mu t - \sigma),$$

d'où

$$\rho^2 = r^2 + \tau^2 - n\rho\tau \cos [n_0 + \sigma + (n - \mu)t],$$

et, puisque ρ diffère excessivement peu de r :

$$\frac{d\rho}{dt} = \tau(n - \mu) \sin [n_0 + \sigma + (n - \mu)t].$$

Ensuite, en faisant $\frac{\tau}{\rho} = \gamma$, on a

$$\operatorname{tg} \xi = \frac{\sin (n_0 + nt) - \gamma \sin (\mu t - \sigma)}{\cos (n_0 + nt) - \gamma \cos (\mu t - \sigma)},$$

d'où l'on tire

$$\xi = n_0 + nt + \gamma \sin [n_0 + \sigma + (n - \mu)t]$$

et

$$\frac{d\xi}{dt} = n + \gamma(n - \mu) \cos [n_0 + \sigma + (n - \mu)t].$$

Si l'on porte ces expressions dans

$$\frac{ds}{dt} = \rho \frac{d\xi}{dt} + \xi \frac{d\rho}{dt},$$

on obtient

$$\frac{1}{\rho} \frac{ds}{dt} = n + \gamma(n - \mu) \cos [n_0 + \sigma + (n - \mu)t] + (n_0 + nt) \sin [n_0 + \sigma + (n - \mu)t] \gamma.$$

La vitesse angulaire d'un point de la Terre autour de l'axe instantané I n'est donc pas simplement égale à n , comme autour de l'axe géographique G. Son expression renferme deux termes périodiques du même ordre γ que les variations de latitude; leur période est de $\frac{1}{1 - \frac{1}{305}} = \frac{305}{304}$ jours sidéraux, et le second a même un

coefficient qui augmente avec le temps.

On ne peut donc pas songer à déterminer l'heure ou l'ascension droite dans le méridien instantané, et l'on doit en revenir au méridien fixe et à la formule

$$\alpha = \alpha_m + \Delta\alpha \pm \gamma \operatorname{tg} \delta \sin (\mu t + \lambda),$$

+ ou — selon qu'il s'agit d'un passage supérieur ou inférieur.

RÉCLAMATION DE PRIORITÉ au sujet d'un *Mémoire de M. G. Darwin* : « *The Eulerian nutation of the Earth's axis* », et des *Rapports de MM. Folie et Le Paige* sur ce mémoire; suivie d'une NOTE sur le mécanisme élémentaire de la rotation d'un corps autour de son centre d'inertie et sur la notion de l'infiniment petit absolu; par Ch. Lagrange, membre de l'Académie.

1. Le *Bulletin* de janvier 1903 renferme un travail du distingué géomètre anglais M. G. Darwin, établissant l'existence d'une variation de période eulérienne de l'angle horaire d'une étoile rapportée au pôle instantané,

résultat d'une grande importance, ainsi qu'en témoignent les rapports des honorables commissaires, MM. Folie et Le Paige, et qui a même engagé l'un d'eux, M. Le Paige, à exposer les calculs par lesquels il a lui-même retrouvé les formules de M. Darwin. Or, il doit m'être permis de signaler que, depuis près de dix ans, en 1894 et 1895, c'est-à-dire lors de la discussion que j'ai soutenue avec d'autres géomètres contre M. Folie au sujet de ces questions, la période de M. G. Darwin, ses formules et celles de M. Le Paige se trouvent établies dans deux mémoires (*), lus par moi en séance et insérés dans ce même *Bulletin* de notre Académie.

2. Ce que j'avance est une question de fait; il suffit, pour le démontrer, de mettre en regard les formules (D) et (LP) données en 1905 par MM. Darwin et Le Paige, et celles (L) que j'ai établies en 1895.

M. Darwin a calculé l'angle horaire de l'équinoxe dans le système du pôle instantané, l'angle entre les méridiens d'inertie et instantané, et la variation des latitudes; M. Le Paige, en outre des angles horaires instantané et géographique d'une étoile, l'angle entre les méridiens, et la déclinaison rapportée au pôle d'inertie

(*) Note au sujet d'une communication de M. Folie intitulée : « Encore un mot sur la définition de la latitude » (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, 3^e sér., t. XXVII, n^o 5, pp. 545-580, 1894). — Sur la comparaison des coordonnées astronomiques rapportées au pôle instantané (pôle astronomique) et au pôle d'inertie (pôle géographique) de la Terre (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, 3^e sér., t. XXIX, n^o 2, pp. 257-276, 1895).

ou géographique. Les différences d'écriture entre les expressions (D), (LP) et (L), indépendamment de notations différentes, proviennent des constantes arbitraires et du sens des grandeurs positives. Le terme en k dans (L) (pour l'angle horaire) est le terme additionnel de la précession. Je conserverai à mes formules les numéros d'ordre qu'elles portent dans mon mémoire de 1895.

On a, en suivant l'ordre chronologique :

Angle horaire de l'équinoxe instantané.

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{(L) [1895] (22) } \varphi = \varphi'_0 + \omega' t + k \cot \theta'_0 t + \rho \frac{C-A}{C} \cot \theta'_0 \cos \left(\frac{C}{A} n t + \sigma \right) \\ \quad - \rho \operatorname{tg} \mu' \sin \frac{C-A}{A} n (t + \tau) \\ \text{(D) [1903] } \delta h = \sin \alpha \operatorname{tg} \lambda \cos \frac{C-A}{A} n t \end{array} \right\}$$

Angle horaire rapporté au méridien instantané.

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{(L) [1895] (21) } H = H'_0 - \omega' t + k \operatorname{tg} \vartheta'_0 \sin \alpha'_0 t \\ \quad + \rho \operatorname{tg} \mu' \sin \frac{C-A}{A} n (t + \tau) \\ \quad + \frac{C-A}{C} \rho \operatorname{tg} \vartheta'_0 \sin \left[\alpha'_0 - \left(\frac{C}{A} n t + \sigma \right) \right] \\ \text{(LP) [1903] } \text{MIE} = n t - \rho \operatorname{tg} \varphi_1 \cos \frac{C-A}{A} (n t + \beta) \\ \quad + \rho_1 \operatorname{tg} \vartheta' \cos \left(\frac{C}{A} n t + \beta' \right) + \gamma \end{array} \right\}$$

Angle entre les méridiens géographique et instantané.

$$\left\{ \begin{array}{ll} \text{(L)} \quad [1895] \quad (25) & a = \frac{\rho}{\cos \mu'} \sin \left[\frac{C - A}{A} n(t + \tau) \right] \\ \text{(D)} \quad [1903] & \delta \chi = \frac{\sin \alpha}{\cos \lambda} \cos \left(\frac{C - A}{A} nt \right) \\ \text{(LP)} \quad [1903] & \chi = \rho \sec \varphi_1 \cos \left(\frac{C - A}{A} nt + \beta \right) \end{array} \right.$$

Variation des latitudes.

$$\left\{ \begin{array}{ll} \text{(L)} \quad [1895] \quad (26) & \mu = \mu' + \rho \cos \frac{C - A}{A} n(t + \tau) \\ \text{(D)} \quad [1903] & \delta \lambda = \sin \alpha \sin \frac{C - A}{A} nt \end{array} \right.$$

Angle horaire rapporté au méridien géographique.

$$\begin{aligned} \text{(L)} \quad [1895] \quad (9) \quad H' &= H'_0 - \omega' t + k \operatorname{tg} \delta'_0 \sin \alpha'_0 t \\ &\quad - \frac{A}{C} \rho \operatorname{tg} \delta'_0 \sin \left[\alpha'_0 - \left(\frac{C}{A} nt + \sigma \right) \right] \\ \text{(LP)} \quad [1903] \quad \text{MCA} + \text{ACE} &= nt + \rho_2 \operatorname{tg} \delta_1 \cos \left(\frac{C}{A} nt + \beta' \right) + \gamma. \end{aligned}$$

Déclinaison rapportée au pôle géographique.

$$(L) \quad [1895] \quad (12) \quad \delta' = \delta'_0 + k \cos \alpha'_0 \cdot t \quad (*)$$

$$- \rho \frac{A}{C} \cos \left[\alpha'_0 - \left(\frac{C}{A} n t + \sigma \right) \right]$$

$$(LP) \quad [1903] \quad \delta = \delta_1 + \rho_2 \sin \left(\frac{C}{A} n' t + \beta' \right).$$

Mon mémoire de 1895 contient en outre les formules : (10), de l'angle horaire géographique de l'équinoxe géographique; (11), des ascensions droites et déclinaisons géographiques; (p. 268), de l'angle horaire de l'intersection des équateurs géographique et instantané; (25), des ascensions droites et déclinaisons instantanées. Il analyse ensuite, au moyen de ces formules, et interprète géométriquement les résultats numériques dans les deux systèmes géographique et instantané, signale expressément la variation eulérienne de l'angle horaire propre à l'axe instantané, résultat capital du travail de M. Darwin, et son influence, donne d'une manière plus complète peut-être que ne le font MM. Darwin et Folie, les valeurs numériques des corrections aux différentes latitudes, etc.

(*) Dans le terme classique de la précession en déclinaison, on avait écrit par erreur $k \cos \delta'_0 \cos \alpha'_0$ au lieu de $k \cos \alpha'_0$.

3. Il résulte de là, comme question de fait, que tout ce qui se trouve aujourd'hui dans le travail de M. Darwin et dans le rapport de M. Le Paige a été déjà établi par moi, et imprimé par l'Académie, il y a près de dix ans.

Puisque ce que j'ai démontré alors est identique à ce que démontre aujourd'hui M. Darwin, comment comprendre que M. Folie, qui connaissait dès lors, par la discussion publique que nous avons soutenue, les résultats qu'il prétend favorables à sa thèse et dont il fait si grand état aujourd'hui, les ait alors combattus ou passés sous silence? Car, en réalité, le résultat renouvelé par M. Darwin n'apporte, pas plus aujourd'hui qu'autrefois ne faisait le mien, identique, aucun argument à la thèse de M. Folie. Le prestige d'un nom illustre introduit dans la discussion et l'absence d'examen pourraient seuls le faire croire.

J'admets bien volontiers que les deux honorables rapporteurs ont simplement perdu de vue mon mémoire. Mais, en tout état de cause, puisque l'un estime que le « travail très profond » de M. Darwin tire enfin « l'Astronomie de l'ornière dans laquelle elle était enlisée », et que « la question » des « formules que le Congrès de 1896 avait cru pouvoir imposer à tout le XX^e siècle » est, grâce à lui, « maintenant définitivement tranchée », que l'autre appuie de même sur l'« importance » du travail de M. Darwin et pense que « l'Académie verra avec intérêt » les résultats auxquels lui-même a été conduit, — et qu'en vertu d'une règle académique d'équité, universellement admise, j'ai le droit de dire que tout cela m'appartient, — il m'a paru utile de signaler que les résultats pour lesquels, sur la proposition de ses commissaires, et par

un sentiment de courtoisie auquel je suis tout le premier à m'associer, l'Académie a adressé des remerciements au distingué géomètre anglais, se trouvaient déjà consignés publiquement dans ses Recueils, depuis une dizaine d'années, par un de ses propres membres.

NOTE sur le mécanisme élémentaire de la rotation d'un corps et sur l'infiniment petit absolu.

4. Cette note additionnelle, bien dans l'ordre du sujet, puisqu'on y répondra aux critiques formulées contre les astronomes par le mémoire actuel de M. Folie (*), auxquels il reproche de se méprendre sur le véritable mécanisme de la rotation d'un corps, a pour intérêt plus général de faire découvrir immédiatement et d'une manière précise, dans leurs éléments géométriques instantanés, les variations des coordonnées rapportées aux pôles instantané et d'inertie; la décomposition cinématique particulière qu'elle met en évidence constitue ainsi un critérium très sûr et très clair de toutes les interprétations qui pourraient être proposées au sujet de cette délicate question, et, comme nous essaierons de le faire voir, elle conduit, en outre, prise en elle-même, à des aperçus nouveaux.

(*) *Sur la période du mouvement absolu d'un point de la Terre autour de l'axe instantané*, par M. F. Folie, membre de l'Académie; dans ce même numéro du BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE.

5. Soient Z le pôle d'inertie ou géographique; Q celui de l'axe du couple résultant, normal au plan du maximum des aires; I le pôle instantané. La définition et la détermination de I sont données, comme on le sait, par la simple relation de changement de coordonnées entre les $x_1y_1z_1$ solidaires avec la Terre (l'axe des z_1 étant Z) et des xyz fixes dans l'espace. Au temps t , I est le lieu des points $x_1y_1z_1$ dont les vitesses

$$\frac{dx}{dt}, \quad \frac{dy}{dt}, \quad \frac{dz}{dt}$$

(ou mieux les déplacements instantanés dx, dy, dz pendant dt), correspondantes à des variations des cosinus directeurs abc des $x_1y_1z_1$, ou, ce qui revient au même, à des vitesses pqr autour de ces $x_1y_1z_1$, sont nulles. Il résulte des mêmes relations géométriques et cinématiques que ZQI sont dans un même plan. Q est fixe dans l'espace.

En posant

$$\operatorname{tg} ZI = \rho, \quad \operatorname{tg} ZQ = \rho'', \quad \operatorname{tg} QI = \rho',$$

on a ($A = B$) :

$$\rho'' = \frac{A}{C} \rho, \quad \rho' = \frac{\rho - \rho''}{1 + \rho \rho''} = \rho \frac{\frac{C - A}{C}}{1 + \frac{A}{C} \rho^2};$$

$A = B$, C sont les moments d'inertie autour des axes principaux $x_1y_1z_1$, et C correspond à Z.

La rotation au temps t s'effectue, pendant dt , autour de I immobile, avec la vitesse angulaire $\omega = \sqrt{p^2 + q^2 + r^2} = \text{constante}$.

6. Ceci posé, voici (fig. 1) ce qui se passe pendant le temps dt , et ce qui renferme toute la théorie.

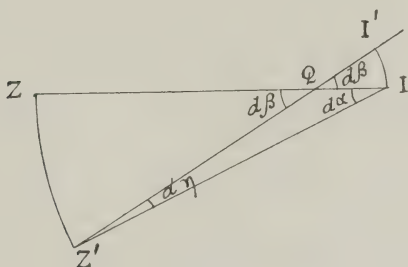


FIG. 1.

« Pendant le temps dt infiniment petit, le corps
 » tourne d'un angle $d\alpha$ autour de I immobile; Z vient
 » en Z' . Au temps $t + dt = t'$, en vertu des simples rela-
 » tions géométriques et cinématiques rappelées plus haut
 » et qui définissent l'axe instantané I , cet axe est la droite I' ,
 » de t' à $t' + dt$. Il s'ensuit, comme simple conséquence
 » géométrique, et sans qu'il existe d'autre rotation que
 » $d\alpha$ autour de I , qu'au bout du temps dt , Z et I , venus
 » en Z' et I' , ont tourné autour de l'axe fixe Q d'un
 » angle $d\beta$; or, puisque I reste fixe pendant dt , $Z'I$ est,
 » au temps $t + dt$, la position du méridien géographique
 » ZI , et, par conséquent, au bout du temps dt , I , qui se
 » trouve maintenant en I' et qui a tourné dans l'espace
 » absolu de $d\beta$ autour de Q , a tourné de $d\eta = I'Z'I$

» autour du pôle géographique Z' , c'est-à-dire par rapport à un méridien géographique fixe de la Terre; $d\eta$ est donc le mouvement eulérien. »

7. On vérifie facilement que les valeurs de $d\beta$, $d\eta$ données par le triangle sphérique $Z'QI$ reproduisent, en effet, les mouvements angulaires déduits des équations classiques. En posant

$$\omega = \sqrt{p^2 + q^2 + r^2},$$

$r = n$ constante, on a

$$d\alpha = \omega dt = n dt \sqrt{1 + \rho^2};$$

$$\sin d\beta = \sin d\alpha \frac{\sin Z'I}{\sin Z'Q} = \sin \omega dt \frac{\rho}{\sqrt{1 + \rho^2}} \frac{\sqrt{1 + \rho'^2}}{\rho''}$$

ou

$$d\beta = n \frac{C}{A} \sqrt{1 + \rho'^2} dt,$$

mouvement d'ordre diurne de Z et I autour de Q ;

$$\sin d\gamma = \sin d\alpha \frac{\sin QI}{\sin QP'} = \sin \omega dt \frac{\rho - \rho''}{\sqrt{1 + \rho^2} \sqrt{1 + \rho'^2}} \frac{\sqrt{1 + \rho''^2}}{\rho''}$$

ou

$$d\gamma = n \frac{C - A}{A} dt;$$

c'est le mouvement eulérien.

8. Pour procéder maintenant le plus simplement à la détermination des variations des angles horaires et des

La variation de B est donnée par

$$NA = b \cos C dC = dB \sin c = dB \sin a,$$

$$dB = \frac{b \cos C dC}{\sin a} \quad (B).$$

La variation de c est donnée par

$$dc = A'N = MA = AA' \sin C = b \sin C dC \quad (C).$$

9. Ceci posé, procédons à la détermination des variations des angles horaires d'une étoile.

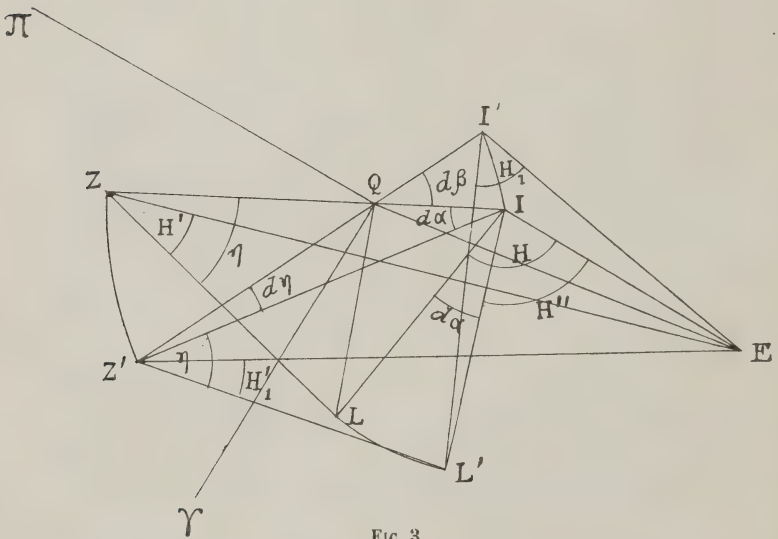


FIG. 3.

ZL (fig. 3) étant le méridien géographique du lieu L au temps t , on a, pour une étoile fixe E :

Angle horaire instantané ou astronomique = H,
Angle horaire d'inertie ou géographique = H.

On a

$$IZL = \eta; \quad IQE = \beta.$$

Pendant dt , ZIL tourne de $d\alpha$ autour de I et vient en Z'IL' ($IZ'L' = IZL = \eta$). Tel est, entièrement défini, le fait physique unique qui a lieu. Au bout de dt , c'est-à-dire au temps $t + dt$, I est en I'.

$$I'Z'I = d\eta, \quad I'QI = d\beta.$$

On a donc sur la figure, pour les variations correspondantes de H et H',

$$dH = H_1 - H = H_1 - (H'' + d\alpha) = -d\alpha + dH'',$$

$$dH' = H'_1 - H' = d\eta - d. EZQ.$$

$d\alpha$ est la variation due à la *rotation physique* autour de l'axe instantané; dH'' est celle qui est due à la *transposition géométrique* de l'axe instantané.

On a

$$\begin{aligned} dH'' &= d. QIE - d. QIL' = d. QIE - (d. Z'IL' + d. d\alpha), \\ &= d. QIE - d. Z'IL' + d\alpha; \end{aligned}$$

ou, en appliquant la formule (A), pour $d. QIE$ au triangle QIE où $C = \beta$, $b = \rho'$, $a = QE = \frac{\pi}{2} - \delta_1$; pour $d. Z'IL'$ au triangle Z'IL' où $C = \eta$, $b = \rho$, $a = Z'L' = \frac{\pi}{2} - \mu'$,

$$dH'' = -d\beta - \rho' \operatorname{tg} \delta_1 \cos \beta d\beta + d\eta + \rho \operatorname{tg} \mu' \cos \eta d\eta + d\alpha.$$

D'ailleurs

$$\begin{aligned}
 -d\beta + d\eta + d\alpha &= -\frac{C}{A} n \sqrt{1 + \rho'^2} \cdot dt \\
 &\quad + \frac{C - A}{A} n dt + \omega dt \\
 &= \frac{n}{2} \rho^2 \frac{C - A}{A} dt.
 \end{aligned}$$

Donc

$$\begin{aligned}
 (a) \quad dH &= \left(-\omega + \frac{n}{2} \rho^2 \frac{C - A}{C} \right) dt - \rho' \operatorname{tg} \delta_1 \cos \beta d\beta \\
 &\quad + \rho \operatorname{tg} \mu' \cos \eta d\eta,
 \end{aligned}$$

ou, en intégrant,

$$(a)' \quad H = H_0 - \omega' t + \rho \operatorname{tg} \mu' \sin \eta - \rho' \operatorname{tg} \delta_1 \sin \beta,$$

formule qui (abstraction faite de la précession) reproduit notre formule (21), en faisant attention que, dans cette dernière, $\sigma = -\frac{C}{A} n \tau'$, τ' étant le temps du passage des pôles Z et I à l'équinoxe dans leur mouvement autour de l'axe du couple résultant Q, et que l'on a

$$\beta = \left(\frac{C}{A} n t + \sigma \right) - \alpha'_0.$$

Pour l'angle horaire géographique H' , on aura, en appliquant la formule (A) à $d.EZQ$ dans le triangle EZQ où $C = \pi - \beta$, $b = \rho''$, $a = QE = \frac{\pi}{2} - \delta_1$, $dC = -d\beta$,

$$\begin{aligned}
 (b) \quad dH' &= d\eta - (d\beta - \rho'' \cos \beta \operatorname{tg} \delta_1 d\beta) \\
 &= \left(-\omega + \frac{n}{2} \rho^2 \frac{C - A}{C} \right) dt + \rho'' \operatorname{tg} \delta_1 \cos \beta d\beta \\
 &= -\omega' dt + \rho'' \operatorname{tg} \delta_1 \cos \beta d\beta,
 \end{aligned}$$

ou, en intégrant,

$$(b)' \quad H' = H_0 - \omega' t + \rho'' \operatorname{tg} \delta_1 \sin \beta.$$

C'est la formule (9) du mémoire, puisque dans cette formule

$$\alpha_0 - \left(\frac{C}{A} n t + \sigma \right) = -\beta.$$

10. Quant aux *angles horaires* φ et φ' de l'équinoxe dans les systèmes instantané et géographique, on a, en supposant que le point fixe E soit maintenant le pôle Π de l'écliptique, H , H' devenant les angles horaires de Π , dont l'ascension droite $\alpha = \frac{3\pi}{2}$, et pour lequel $\operatorname{tg} \delta_1$ est remplacé par $\cot \theta_1$ ($\Pi Q = \theta_1$),

$$d\varphi = -dH, \quad d\varphi' = -dH';$$

c'est-à-dire, en désignant ici par β' l'angle β ,

$$(c) \quad d\varphi = \omega' + \rho' \cot \theta \cos \beta' d\beta' - \rho \operatorname{tg} \mu' \cos \eta d\eta$$

$$(d) \quad d\varphi' = \omega' - \rho'' \cot \theta \cos \beta' d\beta';$$

ou, en intégrant,

$$(c)' \quad \varphi = \varphi_0 + \omega' t + \rho' \cot \theta_1 \sin \beta' - \rho \operatorname{tg} \mu' \sin \eta$$

$$(d)' \quad \varphi' = \varphi_0 + \omega' t - \rho'' \cot \theta_1 \sin \beta'.$$

Ce sont les formules (22) (10) du mémoire.

11. Enfin, les *ascensions droites* α , α' auront, dans les deux systèmes, les variations

$$d\alpha = dH + d\varphi$$

$$d\alpha' = dH' + d\varphi'$$

ou

$$(e) \quad d\alpha = \rho' (\cot \theta_1 \cos \beta' - \operatorname{tg} \delta_1 \cos \beta) d\beta$$

$$(f) \quad d\alpha' = -\rho'' (\cot \theta_1 \cos \beta' - \operatorname{tg} \delta_1 \cos \beta) d\beta.$$

Comme

$$\beta' = \left(\frac{C}{A} nt + \sigma \right) - \frac{3\pi}{2}$$

$$\beta = \left(\frac{C}{A} nt + \sigma \right) - \alpha,$$

on a

$$(e)' \quad \alpha = \alpha_0 + \rho' \left[(\cot \theta_1 + \operatorname{tg} \delta_1 \sin \alpha) \cos \left(\frac{C}{A} nt + \sigma \right) - \operatorname{tg} \delta_1 \cos \alpha \sin \left(\frac{C}{A} nt + \sigma \right) \right]$$

$$(f)' \quad \alpha' = \alpha'_0 - \rho'' \left[(\cot \theta_1 + \operatorname{tg} \delta_1 \sin \alpha) \cos \left(\frac{C}{A} nt + \sigma \right) - \operatorname{tg} \delta_1 \cos \alpha \sin \left(\frac{C}{A} nt + \sigma \right) \right].$$

Ce sont nos formules (11) et (25).

Les déclinaisons δ , δ' (24) (12) ont pour variations par la formule (C) appliquée aux triangles QIE, ZQE,

$$(g) \quad d\delta = -\rho' \sin \beta d\beta$$

$$(h) \quad d\delta' = -\rho'' \sin \beta d\beta,$$

d'où

$$(g)' \quad \delta = \delta_0 - \rho' \sin \beta$$

$$(h)' \quad \delta' = \delta'_0 - \rho'' \sin \beta.$$

12. La *déviatiou azimutale* a du méridien instantané

par rapport au méridien géographique a pour variation, par la formule (B) appliquée à $Z'IL'$,

$$(i) \quad da = \rho \frac{\cos \eta d\eta}{\cos \mu'},$$

d'où

$$(i)' \quad a = \rho \frac{\sin \eta}{\cos \mu'} \text{ (formule 25).}$$

13. La latitude μ a pour variation, par la formule (C) appliquée à $Z'IL'$,

$$(k) \quad d\eta = -\rho \sin \eta d\eta,$$

d'où

$$(k)' \quad \mu = \mu' + \rho \cos \eta \quad (26).$$

14. Nous retrouvons ainsi, par le moyen de leurs variations instantanées dans le mécanisme fondamental de la rotation de la figure 1, toutes les expressions établies d'abord par une autre méthode.

Nous établirons aisément, par le même moyen, d'autres éléments de la question qui présentent de l'intérêt.

La latitude μ_1 rapportée au pôle Q de l'axe du couple résultant, a pour variation

$$(l) \quad d\mu_1 = -\rho'' \sin \eta d\eta,$$

d'où

$$(l)' \quad \mu_1 = \mu' + \rho'' \cos \eta;$$

par où l'on voit que le pôle Q effectue autour du pôle géographique une révolution eulérienne de sens direct aussi bien que le pôle instantané I. Mais l'axe Q est fixe dans l'espace, tandis que I est mobile.

15. L'angle $LQE = \xi$, que fait QL avec la direction fixe QE, a pour expression

$$(m) \quad d\xi = -d\alpha + (d\eta - d\beta + d\alpha) + \rho'' \operatorname{tg} \mu' \cos \eta d\eta,$$

d'où

$$(m)' \quad \xi = \xi_0 - \omega' t + \rho'' \operatorname{tg} \mu' \sin \eta.$$

16. Le mouvement absolu d'un point L de la Terre dans l'espace est donc défini par les coordonnées

$$\left\{ \begin{array}{l} (n) \quad QL = \mu_2 = \left(\frac{\pi}{2} - \mu' \right) - \rho'' \cos \eta \\ (p) \quad \xi = \xi_0 - \omega' t + \rho'' \operatorname{tg} \mu' \sin \eta. \end{array} \right.$$

C'est une rotation de vitesse moyenne ω' autour de l'axe fixe Q, avec une anomalie de période eulérienne, jointe à une oscillation, aussi de période eulérienne, de la distance angulaire QL du point L au pôle fixe Q.

17. Nous calculerons encore, enfin, comme élément essentiel de la compréhension du mécanisme de la rotation, la *vitesse absolue* dans l'espace d'un point x, y, z de la Terre placé sur l'axe immuable Q du couple résultant.

Il est évident, par la figure 1, que, pendant dt , le point passe de Q à un point Q_1 sur Iz' en tournant autour de I immobile ($Q_1I = QI$). Si R est sa distance au centre de la Terre, on aura donc pour sa vitesse linéaire v ,

$$v = \omega R \sin IQ = \omega R \frac{\rho - \rho''}{\sqrt{1 + \rho^2} \sqrt{1 + \rho'^2}}$$

ou

$$(q) \quad v = Rn \cdot \frac{\rho \frac{C-A}{C}}{\sqrt{1 + \rho'^2}},$$

et puisque v est normale à IZ , elle doit tourner autour de Q avec la vitesse

$$(s) \quad \frac{d\beta}{dt} = \frac{C}{A} n \sqrt{1 + \rho'^2}.$$

Ces expressions sont identiques à celles que l'on trouverait par les équations classiques d'Euler.

On a, en effet, pour les coordonnées absolues,

$$\begin{aligned} x &= a x_1 + b y_1 + c z_1 \\ y &= a' x_1 + b' y_1 + c' z_1 \\ z &= a'' x_1 + b'' y_1 + c'' z_1; \end{aligned}$$

on a aussi les relations connues,

$$(V) \quad \left\{ \begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= a (qz_1 - ry_1) + b (rx_1 - pz_1) + c (py_1 - qx_1) \\ \frac{dy}{dt} &= a' (qz_1 - ry_1) + b' (rx_1 - pz_1) + c' (py_1 - qx_1) \\ \frac{dz}{dt} &= a'' (qz_1 - ry_1) + b'' (rx_1 - pz_1) + c'' (py_1 - qx_1). \end{aligned} \right.$$

Pour

$$A = B, \quad r = n,$$

$$k = \sqrt{A^2 p^2 + B^2 q^2 + C^2 r^2} = Cn \sqrt{1 + \rho'^2},$$

les coordonnées $x_1 y_1 z_1$ d'un point de l'axe Q sont

$$x_1 = -R \frac{Ap}{K}, \quad y_1 = -R \frac{Aq}{K}, \quad z_1 = -R \frac{Cn}{K};$$

et en introduisant les angles eulériens (ψ, θ, φ) ,

$$p = \rho n \sin \varphi$$

$$q = \rho n \cos \varphi.$$

En remplaçant dans (V) $x_1 y_1 z_1, p, q, r$ par leurs valeurs, et les $a b c$ par leurs expressions en fonction de ψ, θ, φ , on trouve

$$(V') \left\{ \begin{array}{l} \frac{dx}{dt} = -R \frac{C-A}{C} \frac{\rho n}{\sqrt{1+\rho'^2}} \cos \psi \\ \frac{dy}{dt} = -R \frac{C-A}{C} \frac{\rho n}{\sqrt{1+\rho'^2}} \sin \psi \\ \frac{dz}{dt} = 0 \end{array} \right.$$

et, par conséquent, pour la vitesse linéaire v cherchée,

$$v = \sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dt}\right)^2} = Rn \frac{\rho \frac{C-A}{C}}{\sqrt{1+\rho'^2}},$$

qui est l'expression (q) immédiatement donnée plus haut par la figure 1, c'est-à-dire par la rotation autour de I immobile.

Quant à la période des vitesses $\frac{dx}{dt}, \frac{dy}{dt}$, c'est celle de la

rotation de Z et I autour de Q, mesurée par l'angle β .
On a, en effet,

$$\frac{d\psi}{dt} = \frac{K}{A} = \frac{C}{A} n \sqrt{1 + \rho'^2} = \frac{d\beta}{dt},$$

ainsi qu'on l'avait trouvé tout d'abord [formule (s)].

18. Déjà dans mes mémoires de 1894-1895, après avoir établi (en calculant aussi les termes du deuxième ordre), par la voie classique des équations d'Euler, la plupart des formules dont il vient d'être question, j'avais envisagé géométriquement le mécanisme de la rotation, signalé comme seul *fait physique réel* la rotation autour de l'axe instantané et fait voir que la raison qui doit, en astronomie, faire préférer le système instantané, malgré l'existence de la lente nutation eulérienne, au système géographique, vient de ce que l'axe instantané et l'axe géographique décrivent, chaque jour environ, un cône autour de l'axe du couple résultant et de ce que le cône géographique est trois cents fois plus ouvert que le cône instantané.

Je suis heureux de constater que je me trouve d'accord, quant à ce choix, avec mon honorable confrère M. Le Paige, et je ne doute pas que la raison qui le guide ne soit celle que j'exposais alors et que je viens de rappeler.

19. L'analyse cinématique actuelle décompose le mécanisme de la rotation d'une manière tout à fait précise. Elle vient de vérifier la parfaite exactitude de mes formules de 1895. Elle se présente aussi comme critérium et élément de vérification de toute interprétation ou formule concernant le phénomène délicat qui nous occupe.

Ainsi, par exemple, les formules de MM. Darwin et Le Paige, relatives à l'angle horaire, adoptent indifféremment pour coefficient du terme proportionnel au temps, ou du moins pour terme principal de ce coefficient, la vitesse angulaire n autour de l'axe d'inertie, alors que ce terme principal est ω vitesse autour de l'axe instantané, seul élément physique réel, et que le terme additionnel de sa valeur complète

$$\omega' = \omega + \frac{(d\beta - dz - d\gamma)}{dt}$$

a pour signification très remarquable d'exprimer l'influence de la courbure de la sphère.

— $d\beta + dz + d\gamma = d\varepsilon$ n'est autre chose, en effet, que l'excès sphérique du triangle $Z'QI$ formé au bout du temps dt par les trois pôles Z' , Q , I , en ligne droite au temps t .

La vitesse ω' , donnée déjà par nos formules de 1895, est donc bien celle qu'il faut adopter. Théoriquement, le facteur n n'aurait ici aucun sens rationnel.

Semblablement, dans son mémoire, M. Darwin ne fait pas figurer dans sa formule de l'angle horaire la variation d'ordre diurne qui provient de l'angle QI , et paraît même dire qu'on pourrait négliger QI à cause de sa petitesse; or, cela laisse échapper une notion essentielle, que met assez en évidence notre figure 1 : c'est que l'existence de QI , quelque petit qu'il soit, et de sa révolution diurne, est la cause même de la nutation eulérienne, qui sans cela n'existerait pas. QI est donc un élément essentiel, jamais négligeable.

Quant à la conception que M. Folie se fait du mouve-

ment de rotation (*), son inexactitude est évidente, d'après notre mécanisme élémentaire (fig. 1).

M. Folie regarde l'axe instantané comme immuable dans l'espace, et reproche aux astronomes et aux géodésiens de perdre de vue qu'en outre de la rotation autour de l'axe instantané, il existe une autre rotation de la Terre autour d'un axe qui fait le tour de l'équateur dans la période eulérienne, en entraînant dans cette période, autour de l'axe instantané fixe, la Terre qui tourne d'une manière diurne autour de son axe géographique. De là naîtraient, d'après M. Folie, *des variations « diurnes » de la latitude, dans lesquelles il veut retrouver les variations « journalières » de la hauteur du pôle*, annoncées par Laplace et qui ne peuvent être autres que les variations de période eulérienne de la latitude qu'on observe aujourd'hui.

(*) Mémoire de M. Folie, § 3. « Le pôle instantané est immuable » dans le ciel, et c'est en fait le pôle géographique qui tourne autour » de lui en $\frac{305}{306}$ jours sidéraux : d'où l'expression de *variations journalières de la hauteur du pôle* (Laplace). » — Ibid., § 4. « La vitesse » angulaire de tout point de la Terre autour de l'axe I est bien » $n \sqrt{1 + \gamma^2} = n$, et la période de *ce mouvement* est bien le jour » sidéral; mais en lui ne consiste pas *tout* le mouvement du point » considéré. Ce point est entraîné avec l'axe U. » — [Ibid., § 2 « perpendiculaire à Z et effectuant en 305 jours sidéraux une révolution complète dans le plan des *xy* (équateur) »] « dans un mouvement dont » la période est de 305 jours sidéraux ». ... « Autrement encore : » l'axe géographique Z étant supposé fixe, on sait que la révolution » de l'axe instantané I s'effectue autour de lui en 305 jours sidéraux; » ou, puisque I est immuable, c'est Z qui effectue cette révolution » autour de I. Z est, dans la Terre, une succession de points maté- » riels invariablement reliés à tous les autres points; ceux-ci sont » donc entraînés dans ce mouvement d'une période de 305 jours » sidéraux, mais ils tournent autour de Z en 1 jour sidéral. »

Ce qui a donné lieu sans doute, en partie, à cette conception erronée de M. Folie, c'est que l'angle classique φ de l'axe d'inertie A avec l'équinoxe de l'équateur géographique sur le plan du couple résultant, a une période eulérienne, $-\frac{C-A}{A}n$; mais, comme il existe dans ce même plan une précession ψ de l'équinoxe de période $\frac{C}{A}n$, il ne reste en réalité (en négligeant le second ordre) qu'une période n du mouvement de l'axe d'inertie A. C'est ce que fait observer d'ailleurs M. Darwin dans son mémoire. (C'est cette *précession* $\frac{C}{A}n$ qui devient la *nutation initiale* sur un plan tel que l'écliptique, dont le pôle est en dehors du cercle décrit par Z autour de Q.)

Or, en réalité, comme on le voit par le mécanisme de la figure 1, le pôle I est bien mobile dans l'espace absolu; c'est bien lui qui décrit autour de Z le mouvement eulérien; et c'est pour cela même que l'angle horaire instantané est affecté par le mouvement eulérien, tandis que l'angle horaire géographique ne l'est pas. Et cela résulte en chaque instant uniquement de la rotation de la Terre autour de I, seul fait physique effectif, sans qu'il y ait aucun mouvement de rotation autour d'un autre axe que celui-là. De plus, comme la Terre tourne autour de I et non autour de Z, ainsi que le voudrait M. Folie, il n'y a pas de variations diurnes de la latitude.

Ajoutons, pour envisager complètement la question, que, dans le mouvement de la Terre autour de I, les points matériels situés sur l'axe Q, immobile, tournent autour de I sur le cône de demi-ouverture ρ' ; mais que, tout se passant comme s'ils avaient tourné autour de Z sur le cône tangent à celui-là et de demi-ouverture ρ'' , il en résulte que Q fixe, aussi bien que I mobile, a, par rapport à un méridien fixe de la Terre, le mouvement

eulérien. Dans ce mouvement, toutes les génératrices du cône ($Z \rho''$) passent successivement sur la ligne immuable Q , et I glisse sur le cône ($Z \rho$) de manière à être, *après* chaque temps dt , dans un même plan avec Z et Q .

Quant au mouvement absolu d'un point de la Terre enfin, objet principal du mémoire de M. Folie, et qu'il compose d'une rotation diurne autour de Z et d'une rotation eulérienne de la Terre autour de I immuable, c'est, en réalité, un mouvement hélicoïdal, ordonné par rapport au plan du couple résultant (analogue au mouvement relatif, diurne et annuel, du Soleil autour de la Terre, par rapport au plan de l'équateur). Le point tourne autour de Q d'un mouvement sensiblement diurne, avec anomalie eulérienne, dans un parallèle au plan du couple, en même temps que ce parallèle s'élève ou s'abaisse par rapport à ce plan dans une oscillation de période eulérienne.

Nous croyons avoir suffisamment établi, par cette discussion, que les astronomes et les géodésiens ne méritent certainement pas plus aujourd'hui qu'il y a dix ans le reproche que leur adressait notre honorable confrère de se méprendre sur les lois de la mécanique et de ne pas voir clair dans leurs formules.

20. Cette même analyse du mécanisme élémentaire de la rotation nous conduit enfin à une remarque de l'ordre le plus élevé, essentiellement inhérente à la conception de ce mécanisme instantané, et par laquelle nous terminerons cette Note. Elle sera non seulement une confirmation, mais aussi une extension de la pensée, exprimée par Fourier dans la célèbre introduction de sa Théorie de la Chaleur, que l'étude de la nature est la

meilleure condition des progrès de l'analyse; on peut ajouter, en effet, qu'elle est destinée à assurer non seulement les progrès opératoires de cette science, mais encore la compréhension de ses principes abstraits les plus profonds (*).

21. Cette remarque consiste à signaler, par le fait physique de la rotation des corps, la nécessité de la notion pure de l'infiniment petit, et le caractère défectueux de la définition de Cauchy, que nous avons mis déjà en évidence dès 1892 dans notre *Étude des forces du monde physique* (**), et plus récemment, en 1901, dans notre *Étude du principe de la limite* (***) ; en 1902, dans notre note *Sur l'infiniment petit absolu* (à propos d'un article de M. Bonnel sur l'atome en Géométrie) (iv), où nous avons démontré l'identité de nature des infiniment petits absolus de droite et de courbe, de plan et de surface, et fixé le sens qu'il convient de donner à la notion de

(*) Dans ce sens plus profond, Fourier ne croyait peut-être pas si bien dire. Nous reproduisons ici une idée que nous avons défendue déjà dans notre ouvrage *Mathématique de l'histoire*, §§ 163-164 (Bruxelles, 1900) et ailleurs, que le monde extérieur est une écriture des vérités abstraites, que notamment l'espace, avec ses trois dimensions, est une écriture de la science de la grandeur abstraite [voy. *Étude du système des forces*, § 409 (MÉM. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, t. XLVIII, 1892), et *Étude du principe de la limite*, § 12 (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, 1901, nos 9-10 (sept.-oct.))].

(**) *Mém. de l'Acad. roy. de Belgique*, t. XLVIII (voir *Appendice*).

(***) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* [Classe des sciences, nos 9-10 (sept.-oct.), 1901].

(iv) Dans la revue *L'Enseignement mathématique*, 4^e année, n° 3, 15 mai 1902 (Paris, Naud. éditeur).

limite (*) en; remplaçant le zéro par le *moindre état de la grandeur*, ou *terme limite* de cette grandeur, c'est-à-dire par le *premier état à partir du zéro* (ou par le *premier accroissement d'une grandeur A*), *PREMIER état* (ou *accroissement*) qui, *en cette qualité*, est un *indivisible*, et que nous avons dénommé *infiniment petit absolu* (**).

22. Cette seconde manière de prouver l'existence du *moindre état de la grandeur*, c'est-à-dire en partant du zéro au lieu de descendre d'une grandeur A, tire sa force particulière de ce qu'elle nous débarrasse de la notion du

(*) Comme déjà d'ailleurs en 1892 dans *Étude*, etc., *Append.*, §§ 14-16.

(**) Les infiniment petits dont il est question dans les problèmes que nous avons proposés dans notre *Étude du principe de la limite*, sont des infiniment petits absolus; par exemple l'angle Δ du problème du § 2, qui comme tel est indivisible; de même le dx , du § 11, est un infiniment petit d'ordre absolu; pour la dérivée $\frac{dy}{dx}$, on ne néglige pas les termes en $(dx)^2$, attendu que $(dx)^2$, *fraction* de dx , n'existe pas: etc., le problème « A pense un nombre entier au hasard; probabilité que ce sera le nombre désigné n , 1^o (prob. = P) si A est un esprit normal; 2^o (prob. = P') si A est un amnésique qui a perdu la mémoire du nombre n », met en évidence l'impossibilité d'éviter la notion de l'infiniment petit absolu de *rapport*; car, par le principe de la limite, on aurait $P = P'$, ce qui est faux, puisque évidemment $P > P'$; par l'infiniment petit absolu ε de rapport $\frac{1}{N}$, on a $P = \varepsilon > P' = 0$, ce qui est conforme au sens commun; etc.

Cette notion du *premier accroissement* n'est autre que celle de la *particule naissante* de Newton (Princ. Liv. II, Lemme II), qu'il recommande expressément de ne confondre avec aucune grandeur finie, des *indivisibles*, de l'*atome*, forme sous laquelle M. Bonnel, comme nous l'avons su depuis par la lecture de ses ouvrages, avait, avant nous, réintroduit l'*infiniment petit absolu*, avec une force singulière, dans la Géométrie.

temps dans la conception de l'infiniment petit. Celui-ci, statique, actuel, est indépendant du temps, et la notion du temps n'est propre qu'au procédé suivi par notre esprit pour se rapprocher de cet infiniment petit en épuisant le fini; mais elle peut nous induire à penser erronément qu'il n'existe pas de quantité plus petite que toutes les autres, puisque, si loin que nous descendions, il y a toujours une grandeur moindre que celle à laquelle nous sommes arrivés; nous n'arriverons donc *jamais*, concluons-nous, à une grandeur moindre que toutes les autres. Mais si nous prenons la question par l'autre bout, c'est-à-dire en marchant en sens inverse, nous constatons au contraire de prime abord que ce *moindre état* existe. Car on ne pourra jamais nier qu'en partant du *zéro* on ne passe par un PREMIER état; or ce premier état, par le fait même qu'il est *premier*, est la *moindre* de toutes les grandeurs. CELLE-CI EXISTE DONC (c'est, de plus, un *indivisible*); et, *premier* état dans un sens, c'est bien le *dernier* dans l'autre.

Les deux procédés, caractérisés par ces deux sens, évoquent les deux noms illustres de Newton et de Cauchy. Ce qui précède établit que la définition de ce dernier, dont nous avons assez mis en évidence ailleurs le caractère illogique, peut conduire à laisser échapper, par l'introduction du temps et une confusion d'idées, la notion la plus fondamentale peut-être de toutes les mathématiques; et ce n'est pas un mince argument non plus à faire valoir en faveur du procédé newtonien que de relever qu'il est aussi naturel et conforme aux faits, que celui de Cauchy est artificiel et factice; car, dans les faits aussi bien que dans la manière de les concevoir, les variations des grandeurs partent de zéro, et

non point de valeurs arbitraires finies, pour décroître ensuite.

23. Ceci rappelé, nous allons faire voir que le problème classique de la rotation d'un corps constitue un exemple nouveau et frappant de la nécessité de cette notion de l'infiniment petit actuel en Mécanique rationnelle et en Physique. Conformément à la solution classique des équations de la mécanique, qui est un passage à la limite pour $dt = 0$, on démontre, en effet, que l'axe d'inertie Z , l'axe du couple résultant Q , immuable dans l'espace, et l'axe de rotation instantané I sont *toujours* dans un même plan, avec des angles constants ZQ , IQ .

Ainsi, si O est le centre de la Terre, les trois droites OZ , OQ , OI sont toujours dans un même plan et de plus la droite OQ est immuable dans l'espace.

Mais, d'autre part, OZ est une droite fixe de la Terre, c'est-à-dire passant toujours par la même file de points matériels; les vitesses des points matériels qui sont sur OI sont nulles au temps t , et celles des points matériels qui sont sur OQ sont différentes de zéro; donc à chaque temps t , le plan ZOI sort de la droite fixe OQ ; donc, il n'est pas vrai que les trois droites OZ , OQ , OI soient *toujours* dans un même plan.

Il y a donc contradiction formelle, et par conséquent le *principe de la limite* conduit ici à une *absurdité* logique, car la condition géométrique qu'il impose aux trois axes offre un obstacle irrésistible au mouvement qu'il impose au corps.

La solution de la question fondamentale dont il s'agit constitue donc un nouveau cas en défaut de ce principe de la limite tel qu'on l'entend aujourd'hui, et fournit une

nouvelle preuve, qui paraît invincible, de l'impossibilité d'éviter dans cette question, qui s'impose, la notion de l'infiniment petit.

Car, il n'y a pas à dire : si ZI ne sort pas de ZQI , comme les points de Z et I restent les mêmes, ceux de Q restent les mêmes; donc ils ne sortent pas de Q ; donc ils y restent toujours, ce qui est faux.

En introduisant la notion d'infiniment petit actuel (*), l'erreur disparaît. On voit, en effet, par la décomposition que nous avons faite du mécanisme élémentaire de la rotation, qu'à *chaque temps* t les axes Z , Q , I sont dans un même plan, ce qui n'est pas du tout l'équivalent de dire qu'ils sont *toujours* dans le même plan. Pendant l'infiniment petit d'ordre absolu dt , Z tourne de dx autour de I immobile, le plan ZI , pendant dt , ne contient pas la ligne fixe Q , et les points matériels qui étaient sur Q sortent de cette ligne. Voilà tout ce qui se passe pendant le temps dt . Au temps $t + dt = t'$, par une simple raison géométrique et cinématique de transformation des coordonnées, l'axe instantané I est en I' , sans qu'on puisse dire qu'il a décrit l'angle $d\eta$ de la nutation eulérienne autour de Z' . Cet angle $d\eta$ existe au bout du temps dt par le simple fait géométrique qu'exprime la figure, c'est-

(*) « Actuel (Aristote) (*quod est in actu*), ce qui existe en fait, physiquement, comme, par exemple, quand Cauchy examine la question du nombre *actuellement infini* des étoiles, c'est-à-dire se demande si le nombre des étoiles *est fini* ou infini? De même dans le cas de l'infiniment petit, le mot « actuel » a pour objet intentionnel d'*éliminer* la notion du *temps*, ici illusoire et purement relative au procédé intellectuel factice par lequel nous cherchons à nous *figurer* l'infiniment petit ou l'infini en épuisant le fini.

à-dire par le fait que Z est en Z' (ou par le fait de l'angle dx) et I en I' ; par où l'on voit que la nutation eulérienne naît essentiellement du déplacement ZI en dehors de Q , et que s'il était vrai, comme on le dit, que ZQI sont toujours dans un même plan, *il n'y aurait pas de nutation eulérienne*.

Il faut donc conclure que, dans la réalité physique la plus effective, l'arc ZI de la Terre décrit une oscillation infiniment petite en dehors du pôle Q ; ce qui démontre bien que l'infiniment petit, comme je l'ai déjà démontré en 1892, est un élément objectif réel, et non une pure conception de l'esprit.

24. La notion de l'infiniment petit absolu, qui, seule, donne un sens à la dérivée [le $(dx)^2$ *n'existant pas*] et à l'intégrale définie, qui donne de même une parfaite rigueur à la *différentielle totale*, aux équations différentielles, qui, en un mot, doit remplacer, dans la conception de la limite, le *zéro*, qui n'est rien, par le premier terme de la grandeur, unité commune à toutes les grandeurs, est à notre sens la véritable clef du calcul infinitésimal (*) et est destinée à le transformer; et cela ne devrait pas être difficile, car, en fait, tout le monde, qu'il le veuille ou non, ce qui prouve bien la vitalité et la nécessité de cette notion, s'en sert instinctivement.

25. La Physique mathématique fourmillerait d'exem-

(*) Une grandeur varie d'une manière *continue* quand elle varie par *infiniment petits absolus*.

ples où, d'une manière analogue à celle que nous venons de mettre en évidence, l'application du principe de la limite dans son sens habituel conduirait à l'erreur. Nous avons récemment montré (*) qu'au moyen de la notion d'infiniment petit absolu, des problèmes réputés insolubles en Mécanique, comme celui de la détermination des réactions des corps indéformables, reçoivent une solution pratique effective, et que la prétendue indétermination venait là simplement de ce que l'on ne tirait pas des données de la question tout ce que, grâce à cette notion qu'elles impliquent, elles renferment. Mais la question du mouvement de la Terre, par la grandeur de son objet, est mieux que toute autre peut-être destinée à attirer sur l'impossibilité d'éviter la notion capitale de l'infiniment petit actuel (**), et sur la nécessité de sa réintroduction dans la science, l'attention réfléchie des géomètres, puisqu'on n'est conduit ici à rien moins qu'à cette conséquence, aussi frappante que fondée, qu'en vertu du principe de la limite la Terre elle-même ne pourrait plus tourner autour de son axe.

Des faits objectifs comme ceux qui nous ont servi d'argument dans la lutte que nous soutenons depuis plus de dix ans relativement à la question de l'infiniment petit actuel (***), à la conception de la *discontinuité*

(*) Sur la prétendue indétermination des réactions dans les équations d'équilibre des corps indéformables [BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE (Classe des sciences), nos 9-10 (sept.-oct.), 1901].

(**) Voir la note, p. 370.

(***) Voir la note, p. 370.

continue (*), ont une force particulière qu'il n'est pas facile de vaincre, et qui nous autorise à solliciter avec insistance, dans l'intérêt de la science, qui nous est commun à tous, la critique des géomètres.

Réponse de M. C. Le Paige.

« Je regrette infiniment d'avoir totalement perdu de vue l'important travail de M. Lagrange que vient de rappeler notre savant confrère.

Lorsque j'ai examiné la note de M. Folie et surtout le mémoire de l'éminent géomètre anglais M. Darwin, j'ai voulu me rendre compte des formules contenues dans ce dernier travail. Je ne prétendais donc en rien à la propriété des relations écrites. Seul, le procédé de démonstration m'appartient, je pense : il diffère de celui qui a été employé par M. Darwin et, j'ai lieu de le croire, de celui dont M. Lagrange a fait usage. D'un autre côté, il m'a paru assez simple pour mériter d'être donné dans mon rapport.

Si j'ai cru devoir ajouter, aux formules de M. Darwin relatives à l'axe instantané, celles qui sont relatives à l'axe

(*) Voyez *Étude du système des forces physiques*, Appendice, § 19, p. 692 (MÉM. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, t. XLVIII, 1892). Comme nous le montrerons dans un autre travail, grâce à la notion d'infiniment petit absolu, toute l'analyse se ramène à des relations entre nombres entiers, c'est-à-dire à l'Arithmétique ou Théorie des nombres, et il n'y a de relations analytiques possibles que celles-là.

d'inertie, en employant mon procédé qui s'y prêtait de la manière la plus élémentaire, c'est pour justifier mon dissentiment avec l'honorable premier rapporteur sur la question de savoir s'il faut observer dans un plan fixe sur la Terre ou dans le méridien instantané. Je continue à penser que la pratique universellement suivie et qui, à mon avis, l'a toujours été dans les observatoires, est la meilleure.

Si l'on s'attachait, autrefois, à observer dans un méridien fixe, c'est dans l'impossibilité où l'on se trouvait, en présence de l'imperfection des instruments, de découvrir la distinction effective entre les deux modes d'observation. Théoriquement, c'est toujours l'observation dans le méridien instantané qui a permis de déterminer les constantes instrumentales.

Je crois devoir ajouter encore au sujet de la communication de notre savant confrère M. Lagrange, qu'autant que j'en puisse juger à la simple audition de son mémoire, je ne partage pas ses vues relativement à l'existence des infiniment petits. »

Observation de M. P. Mansion.

« Ni au point de vue historique, ni au point de vue mathématique, je ne partage les vues de M. Lagrange sur les infiniment petits. »



OUVRAGES PRÉSENTÉS.

Errera (Léo). Sur la limite de petitesse des organismes. Bruxelles, 1902; extr. in-8° (10 p.).

— Gemeinverständlicher Vortrag über die Darwin'sche Theorie, mit Berücksichtigung einiger neueren Untersuchungen, mit 6 Abbildungen. Aus dem Französischen übersetzt von G. Michels. Odenkirchen, 1902; in-8° (44 p.).

Dollo (Louis). Les ancêtres des Mosasauriens. Paris, 1903; extr. in-8° (3 p.).

Ertborn (baron Octave van). Le Musée de Bruxelles et les Iguanodons de Bernissart. Anvers, 1902; in-8° (8 p.).

BRUXELLES. *Société belge d'astronomie*. Annuaire, 8^e année, 1903; in-12.

ALLEMAGNE ET AUTRICHE.

BERLIN. *Königl. preuss. geodätisches Institut*. Bestimmung der Schwerkraft auf dem atlantischen Ozean, sowie in Rio-de-Janeiro, Lissabon und Madrid (O. Hecker). Berlin, 1903; in-4°.

LENA. *Medicinish - naturwissenschaftliche Gesellschaft*. Denkschriften, Band VIII (Richard Simon, Zoologische Forschungsreisen in Australien). 1903; in-4°.

VIENNE. *Zoologisch - botanische Gesellschaft*. Verhandlungen, LII. Band, 1902.

Bourget (Henry). Éclipse totale de soleil du 28 mai 1900. Rapport de la mission organisée par l'Université de Toulouse. Toulouse, 1902; extr. in-4° (8 p. et 1 pl.).

PARIS. *Académie des sciences*. Mémoires présentés par divers savants, tome XXXII. 1902; in-4°.

Gauthier (R.). Résumé météorologique de l'année 1901 pour Genève et le Grand-Saint-Bernard. Genève, 1902; in-8°.

— Observations météorologiques faites aux fortifications de Saint-Maurice pendant l'année 1901. Genève, 1902; in-8°.

MADRID. *Observatorio*. Resumen de las observaciones meteorologicas, 1897-1898.



BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1903. — N° 4.

CLASSE DES SCIENCES.

Séance du 4 avril 1903.

M. P. MANSION, directeur, président de l'Académie.

M. le chevalier EDMOND MARCHAL, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. L. Fredericq, *vice-directeur* ;
G. Dewalque, Éd. Van Beneden, C. Malaise, F. Folie,
F. Plateau, J. De Tilly, Ch. Van Bambeke, G. Van der
Mensbrugghe, Louis Henry, P. De Heen, C. Le Paige,
J. Deruyts, J. Neuberg, A. Lancaster, L. Errera, Julien
Fraipont, *membres* ; Paul Pelseneer, Émile Laurent et
Aug. Lameere, *correspondants*.

Les félicitations de la Classe sont adressées par M. Mansion à M. Van Beneden au sujet de son élection de correspondant de l'Académie impériale des sciences de Saint-Pétersbourg. Les applaudissements de l'assemblée accueillent cette annonce ainsi que les remerciements de M. Van Beneden à ses confrères pour ce nouvel et affectueux témoignage de sympathie.

— La Classe prend notification officielle de la mort de M. Ch. de la Vallée Poussin, associé régnicole de la Section des sciences naturelles, décédé à Bruxelles le 15 mars dernier, à l'âge de 76 ans.

M. le Directeur, devant l'assemblée debout, rappelle succinctement en ces termes, la vie et les travaux de l'honorable associé :

MESSIEURS,

« Depuis notre dernière réunion, l'Académie a fait une perte cruelle en la personne de M. Ch. de la Vallée Poussin, associé de la Classe des sciences, décédé à l'âge de 76 ans.

L'inhumation a eu lieu le mercredi 18 mars dans le caveau de famille à Saint-Servais lez-Namur. Selon le désir exprimé par la famille, les funérailles ont eu un caractère strictement privé et aucun discours n'a été prononcé. Le vendredi 20 mars a été célébré à Louvain un service funèbre auquel ont assisté plusieurs de nos confrères, et en particulier M. le Secrétaire perpétuel de l'Académie, M. le général De Tilly et M. Malaise.

M. de la Vallée Poussin était né à Namur le 6 avril 1827; son père était Français, sa mère, Belge. Il était, pour une grande part, un autodidacte.

En 1865, il fut nommé professeur de minéralogie et de géologie à l'Université de Louvain. En 1874, l'Académie le couronna, avec M. A. Renard, pour leur *Mémoire sur les caractères minéralogiques et stratigraphiques des roches dites plutoniennes de la Belgique et de l'Ardenne française*. Il a été élu associé de la Classe des sciences en 1885.

Après son mémoire couronné, il a continué à s'occuper des roches feldspathiques, éruptives ou non ; en même temps, il a étudié la composition du calcaire carbonifère, et ses travaux sur ce sujet controversé sont, au dire des géologues, des plus importants.

Il a publié ses recherches dans les *Bulletins* de l'Académie, dans les *Annales de la Société géologique de Belgique*, dans les *Annales de la Société scientifique de Bruxelles* et dans d'autres recueils.

M. de la Vallée Poussin était vice-président de la Commission géologique du Royaume, membre de l'Académie pontificale des Nuovi Lincei, etc., etc., officier de l'Ordre de Léopold.

Chez M. de la Vallée Poussin, le savant était doublé d'un lettré : il savait exposer avec une grande clarté et en très bon style les questions les plus ardues de philosophie scientifique. En dehors de sa spécialité, il s'intéressait d'ailleurs à une foule de questions sociales, philosophiques ou religieuses. C'était un chrétien convaincu.

Je n'ai pas besoin de vous parler de l'homme, de l'aménité de son caractère, de la sûreté de ses relations, de la dignité de sa vie. A l'Académie comme ailleurs, il n'avait que des amis. Aussi la Classe des sciences sent-elle vivement la perte qu'elle a faite en la personne de son dernier associé résident. »

M. le Secrétaire perpétuel, comme organe de l'Académie, adressera les condoléances de la Classe à la famille de la Vallée Poussin.

Sur la proposition de la Section des sciences naturelles, laquelle, d'après le règlement, avait été convoquée ce matin pour pourvoir au remplacement de M. de la Vallée Poussin, la Classe, en vue de rendre hommage à la mémoire de l'éminent confrère qu'elle vient de perdre, décide, également à l'unanimité, de remettre au mois d'octobre les propositions relatives à son remplacement.



CORRESPONDANCE.



M. le Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique communique à la Classe, de la part de M. le Ministre d'Allemagne à Bruxelles, les documents relatifs au quatrième Congrès international de chimie qui se tiendra cette année à Berlin.

— M. Constantin Emmanuel, à Londres (Cronwell Road, 111), demande le dépôt dans les archives d'un billet cacheté dont le timbre postal de Londres porte la date du 26 mars dernier. — Accepté.

Ce billet porte pour titre : *Description d'un nouveau moteur.*

— L'Académie royale de médecine de Belgique, ainsi

que la Société des sciences, des arts et des lettres du Hainaut, envoient leurs programmes de concours.

— L'Université de Cambridge, par l'organe de son vice-chancelier Chase, remercie la Classe au sujet des condoléances qui ont été exprimées à l'occasion de la mort du professeur sir George Gabriel Stokes.

— Sous la date du 31 mars 1903, sir Michel Foster, président de l'Association internationale des Académies, fait savoir qu'il a porté à l'ordre du jour de la réunion du Comité international, fixée au 4 juin prochain (au local de la Société Royale, à Londres), la proposition de la *Sächsische Gesellschaft der Wissenschaften*, tendant à ce que ledit Comité nomme les membres de la Commission pour l'étude de l'anatomie de l'encéphale, que l'assemblée générale de Paris a instituée en 1901.

Afin de faciliter ce scrutin, l'Académie royale de Belgique est invitée à faire savoir si elle approuve la liste des vingt-six délégués qui a été suggérée par la Société royale de Saxe elle-même.

La Classe ajoute à ces vingt-six noms celui de M. le professeur Van Gehuchten, de l'Université de Louvain.

— La bibliothèque de l'Académie a reçu :

1° De M. le Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique, *Archives de biologie*, tome XIX, 3^e livraison ;

2° De M. le Ministre des Finances et des Travaux publics, *Rapport du Commissaire des monnaies*, 3^e année, 1902 ;

3° De M. le Ministre de l'Agriculture, *Enquête sur les*

eaux alimentaires, 1^{re} partie. Rapport de M. J.-B. André.

— Remerciements.

— Hommages d'ouvrages :

1^o *Annuaire météorologique de l'Observatoire royal pour 1905*; par Alb. Lancaster, directeur du Service météorologique de cet établissement;

2^o *Contribution à l'histoire des hommes fossiles*; par Albert Gaudry, associé de l'Académie;

3^o *Contribution à l'étude de la cellule folliculaire des glandes génitales des Gastéropodes*; par C. De Bruyne (présenté par M. Van Bambeke);

4^o *Coleoptera Serricornia, Fam. Buprestidae*, 1^{re} partie; par Ch. Kerremans;

5^o *Les causes d'erreur dans l'étude des empreintes végétales*; par Ch. Bommer;

6^o *Le système éocène. L'étage sparnacien et sa faune en Belgique*; par le baron Octave van Ertborn.

— Remerciements.

— Travaux manuscrits renvoyés à l'examen :

1^o *Sur la saponification des éthers par les oxydes insolubles en présence de l'eau*; par Fréd. Swarts. — Commissaires : MM. Spring et Henry;

2^o *La Science*; par E. Wattier. — Commissaires : MM. Lagrange et De Heen;

3^o *Sur les propriétés globulicides du sérum sanguin*; par le D^r Falloise;

4^o *Tracé myographique du cœur isolé du lapin nourri au moyen du liquide de Locke* (9 feuillets et 4 graphiques); par Jean Derouaux;

5° *Sur les trémulations fibrillaires du cœur du chien* (25 feuillets et 4 graphiques); par M. Philips.

Commissaires pour les communications 5° à 5° :
MM. Masius et Fredericq.

COMITÉ SECRET.

La Classe se constitue en comité secret pour prendre connaissance de la liste des candidats présentés par la Section des sciences mathématiques et physiques pour la place d'associé, en remplacement de sir G.-G. Stokes, décédé.



OUVRAGES PRÉSENTÉS.

Lancaster (Albert). Annuaire météorologique de l'Observatoire royal de Belgique, 1903. In-12.

Bommer (Ch.). Les causes d'erreur dans l'étude des empreintes végétales. Bruxelles, 1903 ; in-4° (33 p. et 8 pl.).

Seward (A.-C.) et Arber (E.-A.-N.). Les Nipadites des couches éocènes de la Belgique. Bruxelles, 1903 ; extr. in-4° (16 p. et 3 pl.).

De Bruyne (C.). Contribution à l'étude de la cellule folliculaire des glandes génitales des Gastéropodes. Bruxelles, 1903 ; extr. in-8° (23 p.).

Kerremans (Ch.). Coleoptera Serricornia, Fam. Buprestidae, 1^{re} partie (1902) : 12^e fascicule : Coleoptera. Genera Insectorum, publiés par P. Wytsman. Bruxelles, 1903 ; in-4° (48 p.).

Ertborn (le baron van). Le système éocène. L'étage sparnacien et sa faune en Belgique. Bruxelles, 1903 ; extr. in-8° (26 p.).

— Allure générale de l'argile rupelienne dans le nord de la Belgique. Bruxelles, 1901 ; extr. in-8° (7 p.).

— Contribution à l'étude des étages rupelien, bolderien, diestien et poederlien. Contribution à l'étude du Quaternaire de la Belgique. Bruxelles, 1902 ; extr. in-8° (28 p.).

Zunz (E.). De la diazo-réaction d'Ehrlich (2^e comm.). Bruxelles, 1902 ; in-8° (30 p.).

Ministère de l'Agriculture. Enquête sur les eaux alimentaires, 1^{re} partie. Rapport de M. J.-B. André, 1902.

Administration des monnaies de Belgique. Rapport au

Ministre des Finances et des Travaux publics, 3^e année, 1902.

BRUXELLES. *Société d'anthropologie*. Bulletins et mémoires, tome XIX, 1901.

— *Société belge d'astronomie*. Annuaire, huitième année, 1903.

Archives de biologie, publiées par Éd. Van Beneden et Ch. Van Bambeke, tome XIX, 3. 1903.

ALLEMAGNE ET AUTRICHE-HONGRIE.

VIENNE. *Internationale Erdmessung*. Astronomische Arbeiten, XIX. Band, 1902; in-4°.

BERLIN. *Gesellschaft Naturforschender Freunde*. Sitzungs-Berichte, 1902.

PRAGUE. *K. K. Sternwarte*. Definitive Resultate aus dem Prager Polhöhen-Messungen (1889-1899), von L. Weinek, 1903; in-4°.

— *Königl. Gesellschaft der Wissenschaften*. Sitzungsberichten, Mathematische Classe, und Jahresbericht, 1902.

— *Studnicka (F. J.)*. Ueber das farbige Licht der Doppelsterne und einiger anderer Gestirne des Himmels, von Christian Doppler. Prague, 1903; in-8° (25 p., portrait de Chr. Doppler).

GRATZ. *Naturwissenschaftlicher Verein*. Mitteilungen, 1901.

MUNICH. *Kgl. Akademie der Wissenschaften*. Max von Pettenkofer. Zum Gedachtniss. Rede am 16. November 1901 gehalten, von Carl von Voit. 1902; in-4°.

STUTTGART. *Kgl. Landesbibliothek*. Württembergische Jahrbücher für Statistik und Landeskunde, 1901 und 1902. In-4°.

AMÉRIQUE.

INDIANAPOLIS. *Academy of science*. Proceedings, 1901.

WASHINGTON. *Surgeon General's Office*. Index Catalogue, second series, volume VII, 1902; in-4°.

IOWA. *Geological Survey*. Annual report, 1901.

PHILADELPHIE. *Institute of architects*. Proceedings of the 35th annual convention of architects, 1902.

— European and japanese gardens (Glenn Brown), 1902; in-8°.

SAINT-PAUL. *Museu Paulista*. Revista, volume V, 1902.

BUENOS-AYRES. *Museo nacional*. Anales, tomo VII, 1902.

WASHINGTON. *National Museum*. Proceedings, vol. XXIII, 1901.

— *U. S. Geological Survey*. Monographs, vol. XLI, 1902.

— *Smithsonian Institution*. Annual report, 1901.

— *Department of the Interior*. Report of the Commissioner of education, 1900-1901, volume 1, 1902.

FRANCE.

Gaudry (Albert). Contribution à l'histoire des hommes fossiles. Paris, 1903; extr. in-8° (14 p.).

BORDEAUX. *Académie des sciences*. Actes, 1900.

CHERBOURG. *Société des sciences naturelles*. Mémoires, tome XXXII, 1902.

NANCY. *Académie de Stanislas*. Mémoires, 5^e série, tome XIX, 1901-1902. — Table alphabétique des publications (1750-1900). Précédée de l'Histoire de l'Académie, par Chr. Pfister, 1902.

MARSEILLE. *Musée d'histoire naturelle*. Annales, tome VII, 1902; in-4°.

ANGERS. *Société industrielle et agricole*. Bulletin, 1900-1901.

GRANDE-BRETAGNE ET COLONIES.

Eliot (J.). Instructions to observers of the India meteorological Department, second edition. Calcutta, 1902; in-8° (120 p.).

LONDRES. *Royal Society*. The sub-mechanics of the Universe, by Osborne Reynolds, 1903; in-8° (xvii-254 p.).

— *The nautical Almanac* for 1906. In-8°.

EDIMBOURG. *Royal College of physicians*. Reports from the laboratory, vol. VIII, 1903; in-8°.

ITALIE.

Galilée. Le opere de Galileo Galilei, vol. XII. Rome, 1902; in-4°.

Piolti (Gius.). I basalti dell' isola del principe Rodolfo. Milan, 1903; extr. in-8° (11 p.).

VÉRONE. *Accademia d'agricoltura*. Indici dei volumi 1-75 dei atti e Memorie, 1903.

MANTOUE. R. *Accademia virgiliana*. Atti e Memorie, 1903.

PAYS DIVERS.

Pannekoek (Ant.). Untersuchungen über den Lichtwechsel Algols. Leyde, 1902; in-8° (xxiv-236 p.).

BATAVIA. *Koninklijk Observatorium*. Regenwaarnemingen in Nederlandsch-Indië, 1901.

SAINT-PÉTERSBOURG. *Kaiserl. mineralogische Gesellschaft*. Verhandlungen, Band XXXIX, 2. — Explorations géologiques dans les régions aurifères de la Sibérie, 5 fascicules.

— *Observatoire physique central*. Annales, année 1900, première et seconde parties, 1902; in-4°.

SAINT-GALL. *Naturwissenschaftlicher Gesellschaft*. Bericht über die Thätigkeit, 1899-1900.

COPENHAGUE. *Zoological Museum*. The danish Ingolf-Expedition, vol. IV, 1. Echinoidea (Th. Mortensen), 1893, in-4°.

TIFLIS. *Administration des mines du Caucase*. Matériaux pour la géologie du Caucase, série III, livre troisième, 1902.

EKATERINEBOURG. *Société des sciences naturelles*. Bulletin, tome XXII, 1901.



BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1903. — N° 5.

CLASSE DES SCIENCES.

Séance du 5 mai 1903.

M. P. MANSION, directeur, président de l'Académie.

M. le chevalier EDMOND MARCHAL, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. L. Fredericq, *vice-directeur* ; G. Dewalque, Éd. Van Beneden, C. Malaise, F. Folie, F. Plateau, J. De Tilly, Ch. Van Bambeke, Alfr. Gilkinet, G. Van der Mensbrugghe, W. Spring, Louis Henry, M. Mourlon, P. De Heen, C. Le Paige, J. Deruyts, J.-B.-V. Masius, J. Neuberg, A. Lancaster, L. Errera, Julien Fraipont, *membres* ; M. Delacre, Pol. Francotte, P. Pelseneer, Émile Laurent et Aug. Lameere, *correspondants*.

M. le général Brialmont écrit que son état de santé ne lui permet pas encore de prendre part aux séances.

M. Lagrange motive également son absence.

CORRESPONDANCE.

La Classe prend notification officielle de la mort de l'un de ses membres de la Section des sciences naturelles, M. François Crépin, directeur honoraire du Jardin botanique de l'État, décédé à Bruxelles, le 50 avril 1905.

Sur le désir exprimé par la famille, aucun discours n'a été prononcé.

L'inhumation et le service funèbre ont eu lieu à Rochefort, où M. Crépin était né le 50 octobre 1850.

M. Mansion rappelle la carrière scientifique de M. Crépin et cite à ce sujet son *Manuel de botanique*, qui est devenu classique.

M. Crépin ayant été pendant nombre d'années trésorier et membre de la Commission administrative, je suis certain, ajoute l'honorable Directeur, d'être en ce moment l'interprète des sentiments de toute la Classe et de l'Académie même, en adressant à la mémoire du vénéré confrère les regrets de tous les membres.

M. le Secrétaire perpétuel écrira à la famille du défunt pour lui exprimer les sincères condoléances de la Classe.

— M. Ch.-J. de la Vallée Poussin adresse, par écrit,

l'expression des sentiments de sa famille et les siens, au sujet des témoignages de sympathie dont ils ont été l'objet de la part de l'Académie lors du décès et des funérailles de leur père, Ch. de la Vallée Poussin, associé de la Section des sciences naturelles.

— M. le Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique envoie, pour la bibliothèque de l'Académie, la 4^e livraison de la Carte géologique internationale de l'Europe au 1/150 000.

— M. le Ministre de l'Industrie et du Travail adresse : 1^o les tomes V et VI, série A, de la *Bibliographia geologica*, par MM. Mourlon et Simoens; 2^o des exemplaires du rapport du jury qui a jugé la VII^e période du concours pour le Prix Guinard.

— Remerciements.

— Hommages d'ouvrages :

1^o *Charles de la Vallée Poussin*; par Louis Henry;

2^o a) *Le climat de la Belgique en 1901*; b) *Constantes et éphémérides météorologiques et naturelles de Bruxelles-Uccle*; c) *La force du vent en Belgique*; par A. Lancaster;

3^o a) *De l'action interne du sulfate de cuivre dans la résistance de la pomme de terre au Phytophthora infestans*; b) *Expériences sur la durée du pouvoir germinatif des graines conservées dans le vide*; c) *Sur le pouvoir germinatif des graines exposées à la lumière solaire*; par Émile Laurent;

4^o *Recherches sur l'hydrodynamique*, 1^{re} série : *Principes fondamentaux de l'hydrodynamique*; par Pierre Duhem, associé de l'Académie;

5° a) *Des dépôts quaternaires de la Belgique et leurs faunes*; b) *Le système pliocène en Belgique. L'âge vrai du Moséen, étage amstelo-moséen*; c) *Le bassin houiller de la Campine*; par le baron van Ertborn;

6° a) *Recherches sur la rouille des céréales*; b) *Rapport sur les observations effectuées en 1902 dans le service phytopathologique de l'Institut agricole*; par Émile Marchal;

7° *Quarto-centennial celebration of the University of Colorado, November, 1902.*

— Remerciements.

— Les travaux manuscrits suivants sont renvoyés à l'examen de commissaires :

1° *Sur la fonction $\log G_\lambda(a)$* ; par J. Beupain, ingénieur principal au corps des mines, à Liège. — Commissaires : MM. Ch.-J. de la Vallée Poussin, Mansion et Deruyts;

2° *Sur l'acide difluoracétique*; par Fréd. Swarts, professeur à l'École du génie civil annexée à l'Université de Gand. — Commissaires : MM. Spring et Henry;

3° *De la résistance de l'air. Expériences, études et formules nouvelles d'aérodynamique. — De la puissance nécessaire pour obtenir le planement horizontal*; par Arthur Cabuy. — Commissaires : MM. De Heen et De Tilly.

RAPPORTS.

Sur la saponification des éthers par les oxydes insolubles en présence de l'eau; par Fréd. Swarts.

Rapport de M. W. Spring, premier commissaire.

« M. F. Swarts s'est proposé de résoudre une question fondamentale relative à la saponification des éthers par l'eau en présence de bases insolubles ou tout au moins peu solubles, celle de savoir si le rôle principal revient à l'eau, dans ce phénomène, ou bien aux ions métalliques qui se forment pendant la marche de la réaction.

A cette fin, il a soumis le bromure de l'alcool bifluoré qu'il a découvert, à la saponification par l'eau, successivement en présence d'oxyde de magnésium, de zinc, de cadmium, de mercure et de plomb. Les résultats obtenus montrent que la saponification est en relation plus directe avec la concentration des ions OH qu'avec l'action de l'eau ou de la base comme telle. En effet, la vitesse de la saponification n'est pas la plus grande en présence de la magnésie, qui est la base la plus active et la plus soluble de celles qui ont été mises en usage ici, mais bien en présence de l'oxyde de mercure. C'est que, dit M. Swarts, l'action des bases n'est pas surtout de neutraliser l'acide qui serait produit d'abord, si la saponification avait pour cause immédiate l'action de l'eau, mais de fournir les ions OH nécessaires à la saponification. Si les ions métalliques qui correspondent aux ions OH restent comme tels dans le milieu, la saponification se ralentira conformément à la loi de l'équilibre chimique, qui prévoit

qu'alors la formation de nouveaux ions OH est empêchée; si, au contraire, ils sont absorbés par les ions acides de l'éther, leur action nuisible sera enrayée. C'est le cas, surtout, dans l'emploi de la base HgO, parce que les sels de mercure s'ionisent difficilement. En résumé, la vitesse de saponification ne dépend que secondairement de la puissance chimique de la base employée.

J'ai l'honneur de proposer à la Classe l'insertion de cette intéressante note de M. Swarts dans le *Bulletin* de la séance, d'autant plus que l'auteur nous promet la suite de ses recherches dans cette voie. »

M. Henry, second commissaire, déclare se rallier à cette proposition, qui est adoptée par la Classe.

Sur les trémulations fibrillaires du cœur du chien ;
par M. Philips.

Rapport de M. Masius, premier commissaire.

« M. Philips, dans la note qu'il présente à l'Académie, expose ses recherches sur les trémulations fibrillaires du cœur du chien. Il montre l'influence de la fibrillation de l'oreillette sur les pulsations du ventricule : celles-ci deviennent plus fréquentes, irrégulières et inégales. La fibrillation du ventricule n'a guère d'effet sur l'oreillette, car ses pulsations conservent leur rythme, seulement elles diminuent d'énergie et augmentent de fréquence, mais d'une manière à peine appréciable. Les expériences de l'auteur établissent aussi que l'excitation du pneumogastrique par un courant électrique suffisamment intense arrête complètement les trémulations fibrillaires de

l'oreillette, tandis qu'elle n'exerce aucune action sur la fibrillation ventriculaire.

Pendant la fibrillation de l'oreillette, si l'on excite le pneumogastrique par un courant qui n'est pas assez fort pour déterminer l'arrêt des pulsations du ventricule, cette excitation rétablit la fréquence, l'énergie et la régularité des contractions ventriculaires.

M. Philips démontre de plus que pendant les trémulations fibrillaires du ventricule, les contractions de l'oreillette sont arrêtées par une excitation forte et diminuées par un courant électrique de faible intensité.

Comme annexe à sa notice sur les trémulations fibrillaires du cœur, l'auteur rapporte l'opinion d'Onimus qui considère le pneumogastrique comme un nerf moteur du cœur. Il résulte des expériences faites par M. Philips que ce nerf, contrairement à la manière de voir d'Onimus, est un nerf modérateur du cœur.

Le travail de M. Philips est une contribution intéressante à l'étude de la fibrillation du cœur. J'ai l'honneur de proposer à la Classe l'insertion de sa note avec les graphiques dans le *Bulletin* de la séance. »

M. Léon Fredericq, second commissaire, déclare se rallier à ces conclusions, qui sont adoptées par la Classe.

Tracé myographique du cœur isolé du lapin nourri au moyen du liquide de Locke ; par Jean Derouaux.

Rapport de M. Masius, premier commissaire.

« M. Derouaux étudie sur le cœur isolé et exsangue du lapin la forme de la contraction cardiaque et les modifications qu'elle subit sous diverses influences. Pour

entretenir la vie du cœur, l'auteur utilise le liquide nourricier de Locke, qu'il emploie en injection dans le cœur : le liquide passe par les artères coronaires et s'écoule par les veines. Le cœur peut battre vigoureusement et régulièrement pendant une journée entière. M. Derouaux obtient des graphiques qui montrent nettement les ondulations du plateau systolique, tout comme si les tracés étaient recueillis sur le cœur *in situ* et fonctionnant normalement.

La suppression de la circulation du liquide nourricier modifie complètement le tracé cardiographique : les ondulations du plateau disparaissent rapidement, et le cœur ne tarde pas à cesser de battre. La suppression de l'oxygène qui entre dans la composition du liquide nourricier, comme le remplacement de ce gaz par le CO_2 , amènent ainsi la disparition des ondulations sur le graphique de la contraction ventriculaire, qui devient une secousse simple.

La notice de M. Derouaux établit une fois de plus que la systole ventriculaire est représentée par une courbe à plusieurs dentelures qui, comme l'a montré notre savant collègue Fredericq, dépendent de la forme même de la contraction du muscle cardiaque.

J'ai l'honneur de proposer à la Classe d'insérer dans le *Bulletin* de la séance le travail de M. Derouaux avec les figures y annexées. »

M. Léon Fredericq, second commissaire, déclare se rallier à cette proposition, qui est adoptée par la Classe.

COMMUNICATIONS ET LECTURES.

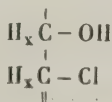
RECHERCHES SUR LES DÉRIVÉS PROPYLÉNIQUES ;
par Louis Henry, membre de l'Académie.

Les composés *éthyléniques* $\text{XH}_2\text{C} - \text{CH}_2\text{X}'$, simples ($\text{X} = \text{X}'$) ou mixtes (X différent de X'), sont symétriques quant au radical éthylène $\text{H}_2\text{C} = \text{CH}_2$ qu'ils renferment.

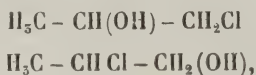
Les composés *propyléniques* $\text{H}_3\text{C} - \text{CHX} - \text{CH}_2\text{X}'$ et $\text{H}_3\text{C} - \text{CHX}' - \text{CH}_2\text{X}$, qui en sont les dérivés *mono-méthylés*, ne le sont plus. A ce titre, leur étude soulève des questions nombreuses étrangères aux composés éthyléniques. Cette étude, dans ses rapports avec celle des composés bi-carbonés correspondants, tant au point de vue physique qu'au point de vue chimique, m'a toujours paru être du plus haut intérêt au point de vue de la chimie classique. C'est ainsi que s'explique la constance que j'ai mise depuis longtemps à m'occuper de ces dérivés en C_3 , non sans doute d'une manière continue et exclusive, mais avec les intermittences nécessaires pour apporter quelque variation dans mon travail.

Je détache, en ce moment, de ces recherches le petit chapitre qui concerne les *mono-chlorhydrines propyléniques* $\text{H}_3\text{C} - \text{C}_2\text{H}_5(\text{OH})\text{Cl}$. Et voici le motif de cette publication partielle.

La question de la structure des *chlorhydrines*



produit de la fixation de l'acide hypochloreux $(\text{HO})\text{Cl}$ sur les composés non saturés bi-valents, qui ne sont pas symétriques dans le système bi-carboné $-\text{C}=\text{C}-$, doué du pouvoir additionnel, est de nouveau à l'ordre du jour. Je m'en suis occupé il y a une trentaine d'années, au cours de mes études sur les dérivés glycériques, notamment en ce qui concerne les composés allyliques, et plus tard, à la suite de ceux-ci, en ce qui concerne leur hydrocarbure primordial, le *propylène* $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}=\text{CH}_2$. La nature de la chlorhydrine propylénique, $\text{C}_3\text{H}_6+(\text{OH})\text{Cl}$, que j'appellerai *hypochloreuse*, à cause de son origine, résultat de l'addition directe de l'acide hypochloreux au propylène, peut paraître douteuse et n'être pas suffisamment bien établie. En tout cas, elle est l'objet, depuis quelques années, de controverses intéressantes, au point de vue de la question générale de la localisation des radicaux $(\text{HO}-)$ et Cl dans les groupements non saturés, doués de pouvoir additionnel. Il m'a paru que pour résoudre, d'une manière sûre et définitive, cette question dans le cas particulier du propylène, il était nécessaire de connaître par avance, dans leur individualité propre et distincte, séparées l'une de l'autre autant qu'il est permis de l'admettre selon nos idées actuelles, les deux *mono-chlorhydrines*



que la structure bien connue du *propylène* $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}=\text{CH}_2$ permet de prévoir.

Je crois avoir résolu ce problème. C'est à cet objet qu'est consacrée la présente notice.

§ 1. — Des mono-chlorhydrines propyléniques
 $C_3H_6 \cdot (OH)Cl$ en général.

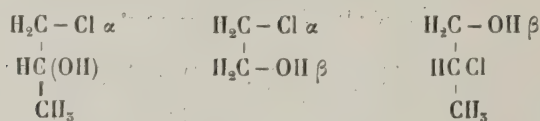
Au glycol propylénique $H_6C_3 \cdot (OH)_2$ qui répond à la formule de constitution $H_3C - CH(OH) - CH_2(OH)$, laquelle en exprime la double fonction d'*alcool primaire* et d'*alcool secondaire*, doivent correspondre deux *mono-chlorhydrines isomères* :



respectivement *alcool secondaire* et *alcool primaire*. Je les désignerai par les lettres α et β , et, d'une manière plus précise, au point de vue fonctionnel, de *chlorhydrine isopropylique*, le composé α , et de *chlorhydrine propylique*, le composé β .

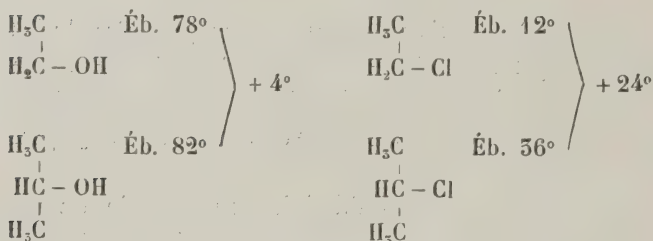
On aperçoit de suite qu'il doit être possible de les distinguer nettement au point de vue *chimique*. On est aussi autorisé à présumer que, quelque rapprochés que doivent être ces composés au point de vue *physique*, ils doivent différer en divers points et notamment au point de vue de la *volatilité*. Sous ce rapport, je veux laisser de côté ce qui concerne la nature de dérivés *primaires* et *secondaires*, qui leur est commune, des compensations pouvant s'établir quant à la fonction *alcool* et quant à la fonction *éther chlorhydrique*. Il est plus intéressant de les considérer au point de vue de la *chlorhydrine éthylénique* $(HO)CH_2 - CH_2Cl$, à laquelle elles se rattachent directe-

ment l'une et l'autre. Elles en sont les dérivés *mono-méthylés*

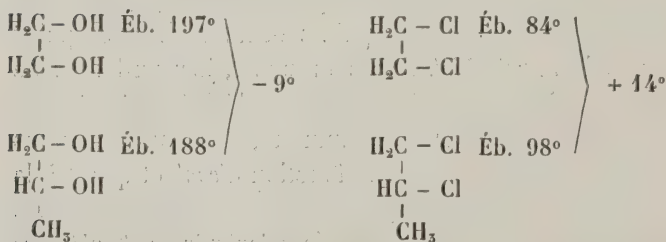


Or, la *méthylation* des dérivés *éthyléniques*, comme celle des dérivés *éthyliques*, détermine, dans la volatilité des composés en C_2 , des différences d'un tout autre ordre, suivant qu'elle s'opère dans le composant *alcool* $\text{H}_2\text{C} - \text{OH}$ ou dans le composant *éther chlorhydrique* $\text{H}_2\text{C} - \text{Cl}$.

Dérivés éthyliques et isopropyliques.



Dérivés éthyléniques et propyléniques.



On voit que la différence est ici plus considérable encore.

Ce fait est d'autant plus intéressant à constater que ces différences devraient se produire en sens inverse, si l'on ne tenait compte que de l'augmentation dans le poids moléculaire : celle-ci est plus grande dans les dérivés *hydroxylés* que dans les dérivés *chlorhydriques* ($\text{HO} = 17$; $\text{Cl} = 55.5$).

Quoi qu'il en soit, il était à prévoir que les deux *chlorhydrines propyléniques* auraient des points d'ébullition assez notablement différents, celui de la *chlorhydrine* ξ , *propylique*, devant être plus élevé que celui de son isomère, la *chlorhydrine* α , *isopropylique*.

Pour arriver à ces deux composés isomères, je n'ai pas pu songer à utiliser l'action directe de l'acide chlorhydrique gazeux sur le glycol propylénique lui-même. Ce que l'on sait de l'action de cet agent sur le glycol éthylénique autorise cependant à croire qu'un seul des hydroxyles - OH sera atteint; mais il est probable qu'ils le seront simultanément l'un et l'autre, soit *primaire*, soit *secondaire*, chacun dans des molécules distinctes, de façon à déterminer la production simultanée des deux chlorhydrines, *propylique* et *isopropylique*, tout à la fois. Et il est à peu près certain que la séparation de ces deux composés par la distillation doit être malaisée. Cette réaction me paraissant devoir présenter un véritable intérêt au point de vue de la différence d'aptitude réactionnelle des *hydroxyles alcools*, primaire et secondaire, vis-à-vis du gaz acide chlorhydrique, je me propose d'y revenir plus tard (*).

(*) Cette réaction a été réalisée en 1860 par M. Oser⁽¹⁾. Il se forme ainsi de la *mono-chlorhydrine* α , mais il ne résulte pas de l'expérience faite par l'auteur, et telle qu'il la rapporte, qu'il ne se forme pas simultanément de la *chlorhydrine* β .

(1) *Bulletin de la Société chimique de Paris*, séance du 12 août 1860, p. 235.

L'action du chlorure de soufre sur le glycol propylénique, qui donne de si excellents résultats dans le cas du glycol éthylénique, a dû être écartée également. Cette réaction a été réalisée, en 1885, par deux chimistes anglais, MM. H. Förster Morley et Arthur Green; elle paraît fournir les deux chlorhydrines, mais de préférence la secondaire $\text{H}_3\text{C} - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}_2\text{Cl}$ (*).

J'ai dû adopter un système de réactions qui me permettait d'admettre légitimement la formation exclusive d'un seul produit. Je crois avoir atteint à ce but.

Les points de départ de toutes ces transformations sont le *chlorure d'allyle* $\text{H}_3\text{C}_5 - \text{Cl}$ ou $\text{H}_2\text{C} = \text{CH} - \text{CH}_2\text{Cl}$ et l'*oxyde de propylène* $\text{H}_3\text{C}_5 - \text{O}$ ou $\text{H}_2\text{C} - \text{CH} - \text{CH}_5$, com-



posés uniques, chacun de leur espèce, et sur la constitution desquels aucun doute sérieux ne peut être émis en ce moment.

§ 2. — Mono-chlorhydrine α ou isopropylique



Cette mono-chlorhydrine s'obtient par deux voies :

a) L'hydratation du chlorure d'allyle par l'acide sulfurique, réaction de M. Oppenheim (**);

b) La combinaison de l'acide chlorhydrique avec l'oxyde de propylène de M. Oser (***).

(*) *Bulletin de la Société chimique de Berlin*, t. XVIII, p. 24 (année 1885).

(**) *Liebig's Annalen der Chemie*, Supplementband VI, p. 367, année 1868.

(***) *Bulletin de la Société chimique de Paris*, séance du 12 août 1860, p. 235.

A. — *Hydratation du chlorure d'allyle.* M. Berthelot a fait connaître avec quelle puissance le *propylène* $\text{H}_5\text{C} - \text{CH} = \text{CH}_2$ est absorbé par l'acide sulfurique en s'y combinant (*). Il en est à peu près ainsi du *chlorure d'allyle*, son dérivé monochloré primaire $\text{ClCH}_2 - \text{CH} = \text{CH}_2$. Son absorption est aisée et rapide : quelques instants d'agitation suffisent à la déterminer. Il n'est pas nécessaire de chauffer au bain d'eau dans un appareil à reflux, comme l'indique Oppenheim. Une élévation notable de température accompagne cette absorption, et il est bon de refroidir, en les plongeant de temps en temps dans l'eau froide, les ballons dans lesquels se fait cette opération.

Au cours de cette absorption, on constate toujours un certain dégagement d'acide chlorhydrique gazeux. Ce fait ne me paraît pas cependant être en rapport avec la formation du glycol propylénique, car on sait que les éthers chlorhydriques primaires résistent fortement à l'action de l'acide sulfurique.

J'ajouterai encore qu'il reste habituellement une certaine partie du chlorure d'allyle non absorbée (**).

(*) BERTHELOT, *Annales de chimie et de physique* (3), t. XLIII, p. 399, année 1855. Voir aussi : *Chimie organique fondée sur la synthèse*, t. I, p. 444, et *Les carbures d'hydrogène*, t. III, p. 388. — *Synthèse de l'alcool isopropylique*. Voici comment s'exprime Berthelot :

« Le propylène, dirigé dans un tube de Liebig contenant de l'acide sulfurique pur et bouilli, s'absorbe presque aussi aisément que l'acide carbonique dans la potasse, non sans dégagement de chaleur. 35 grammes d'acide peuvent absorber ainsi près de 4 litres de gaz (200 volumes; $\frac{1}{4}$ d'équivalent). »

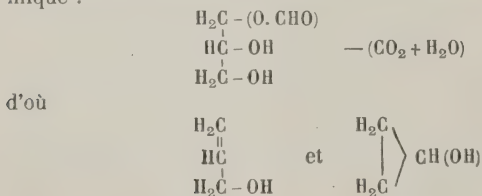
(**) Je tends à croire que l'*alcool allylique*, tel que nous le connaissons aujourd'hui, n'est pas un produit homogène. Il en est peut-être de ce composé, si hautement intéressant, comme il en a été de la

Le mélange sulfurique étendu plusieurs fois de son volume d'eau est soumis à la distillation. La chlorhydrine se sépare d'elle-même à l'origine; on la fait sortir d'une manière complète du liquide distillé par le carbonate bi-potassique. Des eaux-mères de cette distillation, on peut retirer, à l'aide de l'alcool, une quantité assez notable de *glycol propylénique*. On peut admettre que celui-ci se forme pendant la distillation du liquide sulfurique par la réaction du composant $\text{-CH}_2\text{Cl}$ avec l'eau.

Le rendement d'opérations de ce genre est d'environ 50 % du rendement théorique.

Dans une opération faite en janvier 1890 et où j'avais mis en réaction, en portions multiples, 510 grammes de chlorure d'allyle, j'ai obtenu 512 grammes de *chlorhydrine propylénique* $\text{H}_6\text{C}_5(\text{OH})\text{Cl}$, soit 52 % du rendement inté-

benzine, réputée pure. Il a fallu attendre jusqu'en 1883 pour savoir, à la suite des recherches si remarquables de Victor Meyer, que ce composé, alors qu'il est extrait du goudron de la houille, renferme, même après des purifications minutieuses, une quantité non négligeable, quoique très faible, d'un corps étranger, le *thiophène*. A n'envisager que l'alcool allylique de provenance *glycérique*, on voit que la décomposition, par l'action de la chaleur, d'une *mono-formine primaire*, peut donner naissance à deux alcools $\text{C}_3\text{H}_5\text{-OH}$ fort différents de structure et de propriétés, du moins au point de vue chimique :



Je me propose de revenir sur cet objet, dont il est inutile de faire ressortir l'intérêt et l'importance, dans un travail spécial. Il y a longtemps qu'il fait l'objet de mes préoccupations.

gral, si l'on tient compte de 40 grammes de chlorure d'allyle non altéré qui avaient échappé à la réaction.

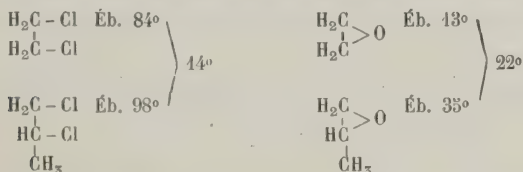
Dans le produit ainsi obtenu, on a trouvé 37.22 % de chlore, alors que la théorie en demande 37.57.

B. — Addition de l'acide chlorhydrique à l'oxyde de propylène. L'oxyde de propylène $\text{H}_5\text{C} - \text{CH} - \text{CH}_2$, com-

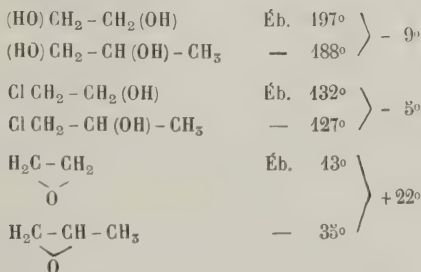


posé unique de son espèce, est le produit constant de l'action des alcalis caustiques sur les monochlorhydrines propyléniques, quelles qu'elles soient. Ce composé, qui bout à 33° (*), s'ajoute énergiquement à l'acide chlorhy-

(*) Il en est, quant à la *volatilité*, de l'oxyde de propylène comme du chlorure par rapport aux dérivés éthyléniques correspondants :



Je ne puis m'empêcher de faire remarquer, à cette occasion, toute la différence qu'il y a entre un *oxyde* et les *hydroxydes* correspondants au point de vue de l'influence qu'exerce la méthylation sur la volatilité :



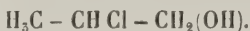
drique, sous quelque forme que celui-ci lui soit présenté. Il est préférable de lui présenter l'acide chlorhydrique à l'état de gaz sec, en ayant soin de bien refroidir, et dans un ballon en communication avec un réfrigérant en spirale. Le rendement de l'opération approche de l'intégralité.

Cette mono-chlorhydrine *isopropylique* $\text{H}_3\text{C} - \text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{Cl}$ bout, sous la pression ordinaire, dans l'appareil de Kahlbaum, toute la colonne mercurielle dans la vapeur, à $126^\circ - 127^\circ$.

Sa densité à 20° est égale à 1.111 par rapport à l'eau à la même température.

Son indice de réfraction à 20° , déterminé dans l'appareil de Pülfrieh pour la raie du sodium, est 1.45924. On en déduit, comme pouvoir réfringent moléculaire 22.57, alors que la théorie conduit à 22.569.

§ 3. — Mono-chlorhydrine β ou propylique



Ce composé résulte en dernière analyse de la mono-chlorhydrine précédente α , à la suite des opérations successives suivantes :

a) Transformation de la *mono-chlorhydrine* α en son *acétate* $\text{H}_3\text{C} - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}_2(\text{C}_2\text{H}_5\text{O}_2)$;

b) Transformation de cette *mono-acétine* α en son dérivé *chlorhydrique* $\text{H}_3\text{C} - \text{CH Cl} - \text{CH}_2(\text{C}_2\text{H}_5\text{O}_2)$;

c) Transformation de cette *chloro-acétine propylénique* $\text{H}_3\text{C} - \text{CH Cl} - \text{CH}_2(\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_2)$ en son *alcool* $\text{H}_3\text{C} - \text{CH Cl} - \text{CH}_2(\text{OH})$.

La voie paraîtra sans doute longue à suivre, mais elle est assurée. Sous ce rapport, si elle n'est pas expéditive, elle

est avantageuse; aussi bien, je n'en connais aucune autre. Je vais reprendre chacune de ces opérations.

A. — *Préparation de la mono-acétine propylénique* α $\text{H}_5\text{C} - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}_2(\text{C}_2\text{H}_5\text{O}_2)$. Ce produit résulte de l'action de la mono-chlorhydrine α sur l'acétate potassique $\text{K} - \text{C}_2\text{H}_5\text{O}_2$.

Voici le détail d'une des multiples opérations qui ont été réalisées :

On a chauffé, au bain d'air, dans un ballon muni d'un tube droit servant de réfrigérant, 94 grammes de mono-chlorhydrine avec 100 grammes d'acétate potassique, fondu en morceaux. Après deux heures, la réaction est terminée et l'acétate potassique remplacé par une masse grenue. On essore sous pression raréfiée et on lave le précipité de chlorure à l'éther. Après l'expulsion de celui-ci, le liquide restant, *produit de deux opérations successives*, a été soumis à la distillation. On a recueilli :

Avant 160°.	15 grammes
De 160° à 175°.	8 —
De 175° à 185°.	150 —
De 185° à 187°.	43 —

donc au total 195 grammes de produit brut, ce qui correspond à 82 % du rendement théorique. La raison de cette perte est principalement dans la formation de l'oxyde de propylène $\text{H}_2\text{C} - \text{CH} - \text{CH}_3$, éb. 55°. Aussi

$$\begin{array}{c} \diagup \quad \diagdown \\ \text{O} \end{array}$$

est-il utile de mettre le tube servant de réfrigérant en communication avec une spirale plongeant dans de l'eau

froide pour condenser les vapeurs de ce composé de valeur. Le produit immédiat de cette opération est aisé à purifier.

La *mono-acétine propylénique* α $\text{H}_5\text{C} - \text{CH}(\text{OH}) - \text{O} - \text{CO} - \text{CH}_3$ constitue un liquide incolore, faiblement odorant, d'une saveur amère et piquante. Sa densité à 20° est égale à 1.055. Elle se dissout dans l'eau.

Son indice de réfraction, déterminé dans l'appareil de Pülfrieh, est 1.4197, d'où l'on déduit comme pouvoir réfringent moléculaire 28.25, alors que la théorie demande 28.49.

Elle bout, dans l'appareil de Kahlbaum, toute la colonne mercurielle dans la vapeur, à 182° - 183° sous la pression de 760 millimètres.

B. — Transformation en *chloro-acétate de propylène* α $\text{H}_5\text{C} - \text{CHCl} - \text{CH}_2(\text{C}_2\text{H}_5\text{O}_2)$. Je me suis adressé tout d'abord aux deux agents d'éthérification chlorhydrique les plus énergiques, PCl_5 et SOCl_2 . L'un et l'autre permettent d'arriver au résultat voulu, mais dans des conditions défavorables, le pentachlorure PCl_5 surtout. La réaction de l'oxychlorure OPCl_5 , produit immédiat du remplacement de $-\text{OH}$ par Cl , sur la *mono-acétine* restante détermine, en effet, la formation de composés éthers phosphoriques en notable quantité.

J'ai trouvé, en fin de compte, préférable de mettre en œuvre l'acide chlorhydrique lui-même, tout simplement.

J'avais constaté précédemment que les *diacétines éthy-lénique et propylénique*, en vase clos, à 100° , saturées à diverses reprises, d'acide HCl gazeux et sec se transforment en *chloro-acétines correspondantes*. D'autre part,

je savais, à la suite des expériences de Maxwell Simpson (*), que sous l'action du même agent, la mono-acétine éthylénique se transforme en chloro-acétine $H_4C_2 - (C_2H_5O_2)Cl$ (**). Cela étant, j'avais tout lieu d'espérer que la *mono-acétine propylénique* $\alpha H_5C - CH(OH) - CH_2(C_2H_5O_2)$, dans les mêmes conditions, fournirait sans difficulté et dans de bonnes conditions de rendement, le *chloro-acétate* $CH_3 - CHCl - CH_2(C_2H_5O_2) \alpha$.

Il en est effectivement ainsi. La réaction du gaz chlorhydrique a été réalisée, soit seul, soit en présence de $ZnCl_2$, avec succès. Voici le détail d'une des opérations exécutées dans le but de réaliser cette transformation.

110 grammes de *mono-acétine* $H_5C - CH(OH) - CH_2(C_2H_5O_2)$, saturés de gaz chlorhydrique sec, ont été chauffés au bain d'eau, en vase clos (matras de Wurtz), pendant quelques heures. Le même traitement a été

(*) *Liebig's Annalen der Chemie*, t. CXIII, p. 115 (année 1860).

(**) Il n'est pas inutile que je fasse remarquer la différence d'action, dans les mêmes conditions de température, vers 100° , du gaz chlorhydrique HCl sur la *mono-chlorhydrine* $(HO) CH_2 - CH_2 Cl$ et la *mono-acétine* $(HO) CH_2 - CH_2(C_2H_5O_2)$ *éthyléniques* :

$(HO) CH_2 - CH_2 Cl$	Aucune action.
$(HO) CH_2 - CH_2(C_2H_5O_2)$	Éthérification.

On doit en conclure que le voisinage du composant *chlorhydrique* $-CH_2 Cl$ détermine dans l'intensité du caractère alcool du composant voisin $(OH) CH_2$ un affaiblissement plus considérable que le composant *oxy-acétique* $H_2C(C_2H_5O_2)$.

Selon Menshutkin, les vitesses d'éthérification par l'anhydride acétique, dans les conditions où il a opéré, sont comme suit :

$(HO) CH_2 - CH_2 Cl$	10.1
$(HO) CH_2 - CH_2(C_2H_5O_2)$	11.9

répété une seconde fois. Le liquide étant versé dans l'eau, il se précipite une huile insoluble, qui est l'*éther chlorhydrique* $\text{H}_3\text{C} - \text{CH Cl} - \text{CH}_2(\text{C}_2\text{H}_5\text{O}_2)$ formé. Le rendement est d'environ 70 %.

L'*acéto-chlorure de propylène* α $\text{H}_3\text{C} - \text{CH Cl} - \text{CH}_2(\text{C}_2\text{H}_5\text{O}_2)$ constitue un liquide, d'agréable odeur, insoluble dans l'eau, ayant pour densité, à 20°, 1.098, bouillant dans l'appareil de Kahlbaum à 152°-153°, sous la pression de 750 millimètres.

On y a trouvé 25.61 et 25.96 % de chlore, alors que théoriquement il en faudrait 26.01 %.

C. — Transformation de cet éther en *chlorhydrine propylénique* β $\text{H}_3\text{C} - \text{CH Cl} - \text{CH}_2(\text{OH})$. Je ne dois pas dire qu'il ne faut pas songer à faire emploi des méthodes ordinaires — action des alcalis caustiques, action de l'ammoniaque, action de l'eau — pour saponifier l'*acéto-chlorure de propylène* $\text{H}_3\text{C} - \text{CH Cl} - \text{CH}_2(\text{C}_2\text{H}_5\text{O}_2)$ et le transformer en son alcool. Peut-être réussirait-on en employant l'ammoniaque, étant donné le peu d'aptitude réactionnelle des éthers chlorhydriques secondaires $>\text{CH} - \text{Cl}$ à réagir avec l'ammoniaque. Je n'ai pas essayé cette réaction, que le voisinage du composant oxy-acétique $\text{H}_2\text{C} - \text{O} - (\text{CO} - \text{CH}_3)$ me paraissait rendre peu probable, et je me suis adressé directement à l'*alcool méthylique*, qui permet d'arriver au but sans difficulté.

Dans une des opérations qui ont été réalisées, on a chauffé 85 grammes d'*acéto-chlorure* $\text{H}_3\text{C} - \text{CH Cl} - \text{CH}_2(\text{C}_2\text{H}_5\text{O}_2)$ avec 220 grammes d'alcool méthylique sec, — quantité qui correspond à une dizaine de molécules, — à l'ébullition, pendant environ huit heures au bain d'air, dans un appareil à reflux. Par la distillation, on a

recueilli 50 grammes d'alcool $\text{H}_3\text{C}-\text{CHCl}-\text{CH}_2(\text{OH})$ passant vers $152^\circ\text{--}155^\circ$. Il en aurait fallu théoriquement 59; c'est un rendement d'environ 85 %. Il est resté dans le ballon quelques grammes de liquide, bouillant au delà de 155° .

On a trouvé dans cette chlorhydrine β $\text{H}_3\text{C}-\text{CHCl}-\text{CH}_2(\text{OH})$ 57.09 et 57.02 % de chlore, alors que la formule en demande 57.57.

La *mono-chlorhydrine propylénique* β constitue un liquide extérieurement analogue à son isomère α , incolore, d'une agréable odeur, d'une saveur piquante. Sa densité à 20° est égale à 1.403. Son indice de réfraction, déterminé dans l'appareil de Pulfrich, a été trouvé égal à 1.45625; ce qui correspond à un pouvoir réfringent moléculaire 22.59, alors que le calcul demande 22.569.

Elle bout, dans l'appareil de Kahlbaum, toute la colonne mercurielle dans la vapeur, à $153^\circ\text{--}154^\circ$ sous la pression de 762 millimètres.

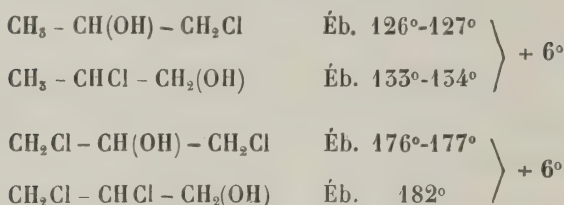
Elle réagit vivement avec la potasse caustique en solution concentrée, sur laquelle on la fait tomber, en donnant de l'oxyde de propylène $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2$,

 O
éb. 55° .

On voit que la différence principale, *au point de vue physique*, existant entre ces deux chlorhydrines réside dans la *volatilité*; conformément aux prévisions, le dérivé *alcool primaire* a un point d'ébullition quelque peu plus élevé que son correspondant *alcool secondaire*.

On remarquera que la différence qui existe sous ce rapport entre ces deux isomères est du même ordre que celle que l'on observe entre leurs dérivés mono-chlorés

(CH_3 transformés en CH_2Cl), c'est-à-dire entre les deux *dichlorhydrines glycériques* $\text{C}_3\text{H}_5 - \text{Cl}_2(\text{OH})$:



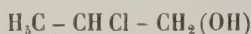
Mais la différence de ces composés propyléniques, au point de vue chimique, doit être plus considérable.

Cette *différenciation chimique* peut s'établir au double point de vue de la fonction *alcool* et de la fonction *éther chlorhydrique* que remplissent ces combinaisons.

D'abord, au point de vue de la fonction *alcool*, sous le triple rapport :

a) De l'*oxydation*. L'une est alcool *primaire* $\text{H}_2\overset{|}{\underset{|}{\text{C}}} - \text{OH}$; l'autre, alcool *secondaire* $\text{H}\overset{|}{\underset{|}{\text{C}}} - \text{OH}$;

b) De la *déshydratation*, notamment par l'anhydride phosphorique P_2O_5 . Le rapprochement des formules



fait deviner, vu la différence de position du composant *alcool* dans la molécule, que les produits de cette *déshydratation* doivent être notablement différents dans les deux cas;

c) De l'*intensité* du caractère alcool, notamment par les méthodes de M. Menschutkin, action de l'acide acétique ou de l'anhydride acétique.

Ensuite, au point de vue de la fonction *éther haloïde*, sous le *double rapport* :

a) De la *réduction*, remplacement de Cl par H avec formation soit d'alcool *propylique*, soit d'alcool *isopropylique*;

b) De la différence des aptitudes réactionnelles du *chlore* dans le composant éther chlorhydrique, vis-à-vis de divers réactifs positifs, soit l'ammoniaque, soit ses dérivés aminés de divers degrés.

Je n'établirai pour le moment cette différenciation qu'à un seul point de vue, celui de l'*oxydation*, qui est, à certains égards, le plus important, me réservant de revenir dans la suite sur les autres (*).

§ 4. — Oxydation des mono-chlorhydrines propyléniques.

Deux agents d'oxydation ont été employés, à savoir l'*acide azotique* et le *mélange chromique*.

Cette oxydation, suivant qu'elle est plus ou moins complète, peut donner naissance à deux sortes de produits :

1° Ceux où le noyau *tri-carboné* C_3 est respecté et qui

*. La réduction des chlorhydrines propyléniques est une réaction malaisée à réaliser. Diverses tentatives ont été faites jusqu'ici dans mon laboratoire, mais sans résultat satisfaisant. Eu égard à l'importance du fait, je ne suis pas autorisé à en abandonner la constatation.

J'ai déjà réalisé la déshydratation de la *mono-chlorhydrine isopropylique* $CH_3 - CH(OH) - CH_2Cl$ par l'anhydride phosphorique. Voir quelques considérations sur cet objet dans le *Bulletin de la Société chimique de Berlin*, t. IV, p. 604, année 1871. Je reviendrai d'une manière approfondie sur cet objet.

dérivent immédiatement des composants *alcools*, $\text{HC}^{\text{I}} - \text{OH}$ et $\text{H}_2\text{C}^{\text{I}} - \text{OH}$, composés *acétoniques* $>\text{CO}$ dans le premier cas, *aldéhydiques* HCO^{I} et *acides* $\text{OC}^{\text{I}}(\text{OH})$ dans le second ;

2° Des composés *bi-carbonés*, résultant de la rupture du noyau primitif C_3 , à savoir dans *tous les cas* de l'acide *oxalique*, et de l'acide *acétique*, mais de l'acide *mono-chloro-acétique* $\text{ClCH}_2 - \text{CO}(\text{OH})$ là seulement où existe le composant $\text{H}_2\text{C}^{\text{I}}\text{Cl}$, comme dans la chlorhydrine α .

1° *Mono-chlorhydrine* α $\text{ClCH}_2 - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}_3$.

A. — OXYDATION PAR L'ACIDE AZOTIQUE (*).

A diverses reprises, on a soumis à l'action de l'acide nitrique, à la *température ordinaire*, la mono-chlorhydrine α , 10 grammes de celle-ci pour 50 grammes d'acide. Les deux liquides commencent par se dissoudre l'un dans l'autre ; plus tard apparaît une huile surnageante ; au cours du temps, celle-ci disparaît et, après environ un jour et demi, la masse du liquide se remplit de cristaux lamellaires, brillants, d'une blancheur parfaite.

Pour deux opérations dans chacune desquelles 10 grammes de mono-chlorhydrine avaient été employés, on a recueilli 11 grammes de ce corps solide, par simple séparation mécanique. On verra plus loin qu'il en reste,

(*) L'acide azotique dont j'ai fait usage pour ces oxydations est celui dont s'était servi antérieurement M. Tollens ⁽¹⁾ dans le même but : c'est un mélange de 30 grammes d'acide azotique fumant et de 70 grammes d'acide azotique ordinaire.

(1) *Liebig's Annalen der Chemie*, t. CLXVII, p. 241 (année 1873).

dissoute dans le liquide, une quantité qui n'est pas négligeable. Théoriquement, on aurait dû obtenir 25^{gr},6 de ce composé si la réaction s'était faite uniquement en ce sens. On verra plus loin aussi qu'il se forme en même temps des dérivés bi-carbonés acétiques. Le rendement est d'environ 45 %.

Ce corps se dissout dans l'eau, l'alcool, l'éther, la ligroïne. Il cristallise de celle-ci en petites paillettes ou lamelles nacrées. Assez fortement odorant, sa saveur est étrange et très piquante.

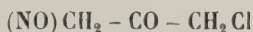
Sa solution aqueuse se colore en rouge vif avec la solution du chlorure ferrique. Il se dissout aisément dans les solutions alcalines qu'il colore en jaune.

Il fond à 110° et bout en se décomposant vers 180°-185°.

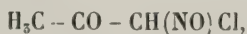
On y a trouvé 29.07 et 29.06 % de chlore, chiffre qui concorde parfaitement avec la composition de l'*acétone mono-nitrosée*, $C_3H_4(NO)ClO$, qui en demande 29.21 %.

On s'explique aisément la formation d'un tel composé dans les conditions indiquées.

Pour se renseigner sur la position relative des radicaux Cl et (NO), correspondant aux formules



ou



on a soumis 10 grammes de ce produit à l'action oxydante de 50 grammes d'acide azotique. Le produit solide se dissout d'abord dans l'acide. Après avoir abandonné le liquide à lui-même, à la température ordinaire, pendant environ cinq heures, on a chauffé au bain d'eau pendant

une bonne heure, jusqu'à cessation de dégagement de vapeurs rutilantes. L'addition de l'eau au produit restant en a séparé une huile insoluble, comme il arrive habituellement lors des oxydations nitriques, qui se constitue sans doute de dérivés chloro-nitrés. Le liquide a été neutralisé complètement et agité avec de l'éther pour enlever totalement ce produit huileux. Le liquide neutre, additionné d'acide sulfurique étendu, a été soumis à la distillation. Le produit distillé, fortement acide, fournit, après neutralisation, avec une solution d'azotate d'argent, un abondant précipité d'*acétate d'argent*. Il n'a pas été possible de constater, à côté de l'acide acétique, la moindre quantité d'acide acétique monochloré.

La conclusion à tirer de ces faits, c'est que ce composé cristallin, *chloro-nitroso-acétone*, renferme le chaînon -CH_3 et que le groupement -NO se trouve fixé sur le même atome de carbone que le radical Cl . Ce produit répond par conséquent à la formule $\text{H}_3\text{C} - \text{CO} - \text{CH}(\text{NO})\text{Cl}$ (*).

(*) Ce composé, si éminemment caractéristique, n'est pas nouveau. Il a été mis au jour, en 1870, dans le laboratoire de Kolbe, à Leipzig, par L. Glutz, qui l'a obtenu en faisant agir l'acide azotique fumant sur l'acétone monochlorée (1). Depuis lors, il a fait l'objet des recherches de divers chimistes, et il se rattache intimement aussi bien à l'acétone et à l'iso-nitroso-acétone qu'à l'acétone monochlorée elle-même (2). D'accord avec mes déterminations, il a été constaté précédemment que ce produit, chauffé avec de l'acide sulfurique aqueux, fournit les acides acétique et formique, de l'acide chlorhydrique et de l'hy-

(1) *Journal für praktische Chemie*, t. I, p. 142, année 1870.

(2) *Liebig's Annalen der Chemie* :

a) T. CCLXXIV, p. 98; Clairen et Manassé, année 1893.

b) T. CCLXXVII, p. 317; Behrend et Schmitz, année 1893.

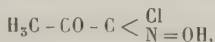
Le liquide, provenant de deux opérations, au sein duquel s'était formée la *chloro-nitroso-acétone*, a été chauffé au bain d'eau jusqu'à cessation du dégagement des vapeurs rutilantes. Étendu d'eau et neutralisé, ce liquide a abandonné à l'éther un peu d'huile piquante et de produit solide blanc. On en a diminué le volume par une simple évaporation lente, et une partie a été distillée après avoir été additionnée d'acide sulfurique étendu. Le produit distillé renfermait considérablement d'*acide acétique*; neutralisé et additionné de la solution argentine, il a fourni de l'acétate d'argent où l'on a trouvé 64.66 % d'argent, alors qu'il en faut 64.67.

L'autre partie de ce liquide, qui n'avait pas été soumise à la distillation avec H_2SO_4 étendu, a été additionnée de nitrite sodique et soumise à la distillation. On a pu recueillir ainsi une certaine quantité de nitrométhane $\text{H}_3\text{C} - \text{NO}_2$.

Il résulte de là que ces eaux-mères de la formation de la *chloro-nitroso-acétone* renfermaient tout à la fois de l'*acide acétique* et de l'*acide mono-chloro-acétique*.

Au total, sous l'action de l'acide azotique dans ces

droxylamine (1). Je dirai, en terminant, qu'on lui attribue généralement la formule



avec le nom *chloro-iso-nitroso-acétone*. Ce corps devient ainsi l'aldoxyme de l'aldéhyde pyruvique monochlorée.

Je puis laisser de côté cette question de l'existence dans ce composé du groupement $-\text{NO}$ au $-\text{N} = \text{OH}$. Le fait important, à mon point de vue, est la formation d'un composé *acétonique* renfermant $> \text{CO}$, et c'est là un point en dehors de toute contestation.

(1) Behrend et Schmitz.

conditions, la mono-chlorhydrine propylénique α $\text{H}_5\text{C} - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}_2\text{Cl}$ fournit trois produits :

- a) De la *chloro-nitroso-acétone* $\text{H}_5\text{C} - \text{CO} - \text{CH}(\text{NO})\text{Cl}$;
- b) Et à la suite de la rupture de son noyau tricarboné C_3 par oxydation, simultanément les acides *acétique* $\text{CH}_3 - \text{CO}(\text{OH})$ et *acétique monochloré* $\text{Cl} \text{CH}_2 - \text{CO}(\text{OH})$.

B. — OXYDATION PAR LE MÉLANGE CHROMIQUE.

Cette oxydation a été réalisée dans le but d'obtenir l'*acétone monochlorée* elle-même. On va voir que je suis parvenu à ce résultat, mais d'une manière difficile.

On a mis en réaction 28 grammes de mono-chlorhydrine $\text{H}_5\text{C} - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}_2\text{Cl}$.

Le mélange chromique se constituait de 28^{gr},50 de bichromate potassique et 59 grammes d'acide H_2SO_4 étendus de deux volumes d'eau.

On a procédé comme l'indique Erlenbach, pour la transformation de la dichlorhydrine glycérique $\text{ClCH}_2 - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}_2\text{Cl}$ en *acétone bichlorée* $\text{ClCH}_2 - \text{CO} \text{CH}_2\text{Cl}$ (*).

14 grammes de bichromate ont été ajoutés à la solution sulfurique, et les 14 grammes restants, mélangés à l'alcool chloro-iso-propylique $\text{H}_5\text{C} - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}_2\text{Cl}$, placé dans un ballon maintenu dans de l'eau glacée. On y fait tomber goutte à goutte, en agitant, le mélange sulfurique. Le tout a été chauffé, enfin, pendant une heure, dans l'eau tiède, vers 55°. Puis le liquide a été

(*) *Liebig's Annalen der Chemie*, t. CCLXIX. p. 46 (année 1892).

soumis comme tel à la distillation. Il passe un produit insoluble surnageant l'eau qui distille.

Ce produit a été agité avec son volume d'une solution de sulfite acide de sodium NaHSO_3 , de 40 %. La moitié du liquide est restée insoluble; c'était de la mono-chlorhydrine non altérée.

La solution dans le sulfite a été traitée par de l'acide sulfurique aqueux, puis soumise à la distillation. On a recueilli un liquide incolore, plus dense que l'eau, d'une odeur fort piquante, donnant, avec la potasse caustique, une coloration rouge carmin et qui, après dessiccation, passe de 115° à 120° . C'est de l'*acétone monochlorée* $\text{H}_3\text{C} - \text{CO} - \text{CH}_2\text{Cl}$.

Je ne dois pas dire que le rendement de cette opération n'est que médiocrement satisfaisant. On verra plus loin qu'une partie de la mono-chlorhydrine propylénique, dans ces conditions, est oxydée dans son noyau tri-carboné. Mais l'important était de constater la formation d'un composé acétonique.

Je me suis occupé déjà, il y a presque une trentaine d'années, de l'oxydation soit par l'acide azotique, soit par le mélange chromique, de la mono-chlorhydrine propylénique $\alpha \text{ CH}_3 - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}_2\text{Cl}$, éb. 127° , provenant soit de l'hydratation du chlorure d'allyle par l'acide sulfurique, soit de l'addition de l'acide chlorhydrique HCl à l'oxyde de propylène. Je crois utile de rapporter ici les faits que j'avais constatés à cette époque, en même temps que ceux qui concernent l'oxydation de l'acétone monochlorée $\text{CH}_3 - \text{CO} - \text{CH}_2\text{Cl}$.

a) 50 grammes de chlorhydrine propylénique d'origine allylique ont été soumis à l'action de 100 grammes du

mélange des acides azotiques. On a chauffé le tout immédiatement au bain d'eau tiède dans une cornue, le bec de celle-ci dirigé vers le haut, jusqu'à cessation de vapeurs rutilantes. Le liquide ayant été concentré, par une douce évaporation à basse température, a été traité par l'éther. De cette solution éthérée il a été facile de retirer, par distillation, une notable quantité d'acide *mono-chloro-acétique* comme tel $\text{ClCH}_2 - \text{CO}(\text{OH})$.

La même opération a été répétée une autre fois avec 60 grammes de chlorhydrine.

L'acide acétique monochloré ainsi obtenu se congelait déjà dans le tube du réfrigérant, au cours de la distillation. Son point de fusion a été trouvé $60^\circ - 62^\circ$, et sa densité de vapeur 5.20, alors que la densité théorique est 5.26. Voici les données expérimentales de cette détermination :

Substance	0gr,0274
Pression barométrique	740mm
Mercure soulevé	599mm
Tension de la vapeur	141mm
Volume de la vapeur	60cc,4
Température	185°

Ce produit bouillait à $185^\circ - 187^\circ$ sous la pression ordinaire. On y a trouvé 56.67 et 57.54 % de chlore, alors que la formule en demande 57.57.

Dans une troisième opération, 20 grammes de monochlorhydrine, produit de l'addition de HCl aq. à l'oxyde de propylène $\text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2$, ont été oxydés par



65 grammes d'acide azotique, dans les mêmes condi-

tions. On a aussi recueilli de l'acide acétique monochloré.

Je trouve enfin dans mes notes que 60 grammes d'acétone monochlorée ont été oxydés par l'acide azotique. On a chauffé pendant trois jours dans les conditions indiquées plus haut, et, à la suite du même traitement, on a recueilli un liquide acide bouillant à 185° - 187° , se prenant de suite en cristaux par l'addition d'un petit fragment d'acide mono-chloro-acétique, ou plongé dans un mélange réfrigérant, cristaux fondant à 60° - 62° .

b) Je passe à des oxydations réalisées, à cette époque, à l'aide du *mélange chromique ordinaire*.

Dans une opération, 10 grammes de mono-chlorhydrine, d'origine allylique, $\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}_2\text{Cl}$, ont été soumis à l'oxydation. La liqueur distillée après oxydation a fourni un liquide acide qui, après neutralisation, a donné par la solution argentique un précipité blanc de sel argentique, cristallisant de l'eau chaude qui le dissout en lamelles. L'analyse de ce sel a donné le résultat suivant : matière, $0^{\text{er}}, 2954$; argent, après calcination, $0^{\text{er}}, 2520$, d'où $\text{Ag } \% = 64.64$. L'acétate d'argent correspond à 64.67% .

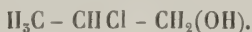
Une autre fois, 67 grammes d'acétone monochlorée $\text{ClCH}_2 - \text{CO} - \text{CH}_3$ ont été soumis à l'action oxydante de ce mélange. Le liquide distillé ne donnait aucun précipité avec l'azotate d'argent; on en peut conclure qu'il ne renfermait pas d'acide chlorhydrique, par conséquent que le composant *éther* haloïde $\text{H}_2\text{C}\text{Cl}$ avait été respecté. Mais ce même liquide après saturation, par BaCO_3 , a fourni, avec la solution argentique, de l'acétate d'argent, cristal-

lisant de sa solution aqueuse, à chaud, en belles aiguilles blanches. On y a trouvé 64.79 % d'argent.

Je tiens à faire remarquer que l'on ne peut pas inférer de ces constatations la formation *exclusive* d'acide *mono-chloro-acétique* dans le cas des oxydations réalisées par l'acide azotique, ni d'*acide acétique* dans le cas des oxydations produites par le mélange chromique. Je suis autorisé à croire, par les faits rapportés plus haut, de même que par l'absence de HCl dans les liquides distillés provenant des oxydations chromiques, que ces deux acides se forment simultanément. La méthode employée pour les retirer était différente dans les deux cas, et ne pouvait, comme on l'aura déjà remarqué, qu'en donner un seul.

Je tiens à mentionner que les oxydations réalisées par l'acide azotique déterminent, en général, la formation d'une certaine quantité d'acide oxalique.

2° *Mono-chlorhydrine* β



J'ai surtout à rendre compte des oxydations réalisées par l'acide azotique.

Il importe de constater avant tout que le mélange, suivi de dissolution, de cette chlorhydrine avec trois fois son volume d'acide azotique, maintenu froid, ne donne pas à la longue de composé solide, c'est-à-dire de chloro-nitroso-acétone, comme la chlorhydrine d'origine allylique. On a pu extraire du liquide, après oxydation, de l'acide β *chloro-propionique* $\text{CH}_3 - \text{CH Cl} - \text{CO}(\text{OH})$.

Voici le détail de l'opération principale qui a été réalisée dans le but d'obtenir ce composé caractéristique :

On a soumis à l'oxydation en tout 70 grammes de chlorhydrine, par portions de 10 grammes, mélangées de 50 grammes d'acide azotique. Les deux liquides se dissolvent l'un dans l'autre. On chauffe au bain d'eau jusqu'à cessation de vapeurs rutilantes.

La distillation du liquide étendu d'eau, comme tel, fournit toujours une certaine quantité d'une huile insoluble, piquante, vraisemblablement un composé chloronitré. Cette expulsion étant faite, on traite par l'éther les liquides acides. La solution étherée, après expulsion de l'éther, laisse un liquide quelque peu épais, qui est de l'acide chloro-propionique α $\text{H}_5\text{C} - \text{CHCl} - \text{CO}(\text{OH})$ que l'on obtient à l'état de pureté par la distillation. On y a trouvé 52.04 et 52.14 % de chlore, alors que la formule en demande 52.71. Il est bon de remarquer que l'acide acétique monochloré renferme 56.50 % de chlore. Le produit ainsi obtenu diffère d'ailleurs totalement de l'acide acétique monochloré. C'est un liquide quelque peu épais, non congelable par un refroidissement ordinaire, d'une densité égale à 1.506 à 9°, et bouillant sous la pression ordinaire vers 185°.

L'acide α chloro-propionique ne se produit dans ces circonstances qu'en une quantité qui constitue un rendement peu avantageux. Ce n'est nullement un mode de préparation. La raison en est que, dans cette oxydation, outre l'acide oxalique qui se produit en quantité notable, il se forme en même temps de l'acide acétique que l'on peut obtenir à la suite des manipulations suivantes en quantité fort appréciable.

Aux eaux restantes, après l'extraction de l'acide chloro-

propionique, on a ajouté les premières portions provenant de la distillation de celui-ci. La moitié de cette masse liquide a été neutralisée par du carbonate potassique, puis on y a ajouté l'autre moitié et le tout a été soumis à la distillation. Les eaux recueillies étaient acides au tournesol, mais neutres à la *tropæoline*, d'où l'on a conclu à l'absence d'un acide minéral. La distillation a été continuée jusqu'à ce que le produit distillé affectât le papier de *tropæoline*. La liqueur acide, produit de cette distillation, a été de nouveau saturée par du carbonate potassique, puis évaporée à siccité. Ce résidu solide, mélangé d'acide sulfurique concentré, a été soumis à la distillation sous pression raréfiée. Il ne s'est dégagé que fort peu de vapeurs nitreuses. Quant au liquide acide, produit de cette distillation, il a commencé à bouillir à 100°, avec un point fixé à 106° - 107°; les deux tiers environ ont passé de 110° à 120°. Cette portion soumise à une nouvelle rectification a fourni de l'acide acétique glacial, se prenant en une masse cristalline, feuilletée dans un mélange réfrigérant ordinaire. Les portions préliminaires de ces distillations ont été employées à faire de l'acétate d'argent, sel si éminemment caractéristique. On a trouvé dans celui-ci 64.57 % d'argent, alors que la théorie en demande 64.67.

La formation de l'acide acétique dans ces conditions n'a rien qui doive étonner. On sait avec quelle force ce composé résiste à l'action oxydante de l'acide nitrique. Je rappellerai à cette occasion que E. Erlenmeyer (*) a constaté, par une expérience directe, que l'acide acétique

(*) *Liebig's Annalen der Chemie*, t. CLXXIX, p. 207, année 1875.

n'est pas attaqué, en vase clos à 130°, par l'acide nitrique d'une densité égale à 1.4.

On sait, d'autre part, que le mélange chromique possède une puissance de désagrégation des noyaux polycarbonés beaucoup plus considérable que celle de l'acide azotique (*).

L'oxydation de la mono-chlorhydrine β par le mélange chromique a été réalisée dans le but d'obtenir l'*aldéhyde propionique monochlorée* α $\text{H}_5\text{C} - \text{CHCl} - \text{CH} = \text{O}$, mais sans résultat. J'ajouterai que l'on n'est pas même parvenu à obtenir par cette voie de l'*acide* α chloro-propionique $\text{H}_5\text{C} - \text{CHCl} - \text{CO}(\text{OH})$. Le fait n'a rien d'étonnant, car j'ai constaté, par une expérience directe, que l'acide α chloro-propionique $\text{H}_5\text{C} - \text{CHCl} - \text{CO}(\text{OH})$ lui-même, dans ces conditions, est oxydé et transformé en *acide acétique*, comme il était à prévoir.

Voici quelques détails sur un de ces essais d'oxydation :

14 grammes de chlorhydrine $\text{H}_5\text{C} - \text{CH} - \text{Cl} - \text{CH}_2(\text{OH})$ ont été introduits dans une quantité de mélange chromique, froid et maintenu froid, susceptible de fournir deux atomes d'oxygène. La réaction est fort vive. Après une demi-heure, l'oxydation paraît terminée. On a soumis le liquide à la distillation. Il a passé une certaine

(*) Voici un exemple précis de cette différence : alors que l'acide butyrique normal est oxydé sans difficulté par le mélange chromique et transformé en acide acétique, eau et gaz carbonique, il est relativement stable en présence de l'acide azotique. Chauffé à 130° en vase clos, avec un acide d'une densité égale à 1.4, il n'est pas encore attaqué après plusieurs heures [Grünzweig] (4).

(4) *Liebig's Annalen der Chemie*, t. CLXII, p. 200, année 1872.

quantité d'une huile insoluble, fort piquante, mélange complexe sans doute d'aldéhyde chloro-propionique, de produit primitif non altéré et peut-être d'éthers de celui-ci. Les eaux de cette distillation étaient fortement acides. On les a saturées par de la potasse et évaporées à siccité. Une partie de ce sel redissoute fournit avec l'azotate d'argent un précipité abondant, mélange d'*acétate* et de *formiate argentique*, aussitôt réduit. L'autre, distillée avec de l'acide sulfurique, a fourni de l'*acide acétique*, aisément congelable.

En résumé, au milieu de ces oxydations diverses :

1° Alors que le noyau tri-carboné C_3 des chlorhydrines propyléniques reste intact, la *chlorhydrine* α , isopropylique, quelle qu'en soit l'origine, fournit un dérivé *acétonique* renfermant $>CO$, soit l'*acétone monochlorée* $Cl\ CH_2 - CO - CH_3$, soit son dérivé *nitrosé* $CH_3 - CO - CH(NO)Cl$ ou $CH_3 - CO - \begin{smallmatrix} N = OH \\ | \\ Cl \end{smallmatrix}$; la *chlorhydrine* β , propylique, donne, au contraire, de l'acide α *chloro-propionique* $H_3C - CHCl - CO(OH)$.

2° Alors que le noyau tri-carboné C_3 est atteint et plus ou moins désagrégé, la *chlorhydrine* α fournit soit de l'acide *acétique*, soit de l'acide *acétique monochloré*, alors que la *chlorhydrine* β fournit de l'acide *acétique* lui-même, et de l'acide *formique*.

On est autorisé à admettre que les acides *acétique* et *acétique monochloré* se forment simultanément dans les oxydations réalisées sur la chlorhydrine α d'origine allylique ou propylénique.

En ce qui concerne la chlorhydrine β , la désagrégation du noyau ne fournit que de l'acide acétique lui-même et de l'acide formique.

5° Réalisées avec l'acide azotique, ces oxydations fournissent généralement de l'acide oxalique comme produit accessoire.

§ 5. — Transformations réciproques des deux chlorhydrines.

Les réactions indiquées précédemment permettent de résoudre complètement cette question.

A. — *Transformation de la chlorhydrine α en chlorhydrine β .*

En trois temps ou réactions successives :

1° Formation de mono-acétate propylénique α $\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}_2(\text{C}_2\text{H}_5\text{O}_2)$. Action de la chlorhydrine α sur l'acétate de potassium ;

2° Formation de chloro-acétate propylénique β ; action de HCl gaz sur le produit précédent ;

3° Saponification de ce *chloro-acétate propylénique* $\text{H}_3\text{C} - \text{CHCl} - \text{CH}_2(\text{C}_2\text{H}_5\text{O}_2)$ par l'alcool méthylique en excès.

B. — *Transformation de la chlorhydrine β en chlorhydrine α .*

Cette transformation est plus simple que la précédente et s'accomplit en deux temps ou deux réactions successives :

1° Formation d'oxyde de propylène ; action de la potasse caustique sur la mono-chlorhydrine β ;

2° Addition directe de l'acide chlorhydrique à cet oxyde de propylène $\text{H}_3\text{C} - \text{CH} - \text{CH}_2$.



On voit ainsi que c'est l'*oxyde de propylène* qui établit le lien entre ces deux composés; il se forme sous l'action des alcalis caustiques, indifféremment avec l'un et avec l'autre.

§ 6. — Observations finales.

Avant de terminer cet objet, je tiens à formuler expressément quelques observations importantes, alors qu'il s'agit d'un travail de précision comme celui-ci, au point de vue de l'individualité spécifique de certains composés isomères.

Et d'abord en ce qui concerne la *transformation de la CHLORHYDRINE α EN CHLORHYDRINE β* .

Cette transformation repose essentiellement sur le principe général de la *stabilité des édifices moléculaires au milieu des réactions chimiques*. Alors que dans celles-ci des éléments ou groupements d'éléments se substituent dans une molécule complexe à certains éléments ou groupements d'éléments, les rapports de combinaison entre les atomes constitutifs de la molécule ne sont pas altérés, *le substituant prend la place du substitué et en conserve les rapports de combinaison*. C'est sur ce principe fondamental que repose l'établissement des formules de structure des composés carbonés par la méthode des substitutions et surtout par la méthode synthétique. Le rejeter, c'est se priver du moyen le plus puissant à l'aide duquel il nous est possible de pénétrer dans la constitution et la structure intimes des composés carbonés. Aussi bien, personne ne songe à le nier, mais si tous les chimistes s'en servent et l'appliquent avec succès, il faut

reconnaître qu'il en est peu qui en possèdent, dans leur esprit, la formule expresse et précise. Elle y repose à l'état latent et l'usage qui en est fait est en quelque sorte instinctif. Pas plus que d'autres sans doute, ce principe fondamental n'est absolu; il est des cas où l'on peut affirmer qu'à la suite de modifications survenues dans la composition élémentaire de certaines molécules, des modifications se sont opérées dans la structure de celles-ci de manière à modifier certains rapports de liaisons atomiques, dans les éléments restants ou entre ceux-ci et les éléments nouveaux. Si l'on ne peut pas dire que les cas de ces glissements atomiques sont rares et exceptionnels, on peut moins dire encore qu'ils sont fréquents, et l'on doit s'en féliciter, car que de difficultés sont ainsi écartées! Quoi qu'il en soit, on est autorisé à admettre que, dans le cas présent, ce principe est d'application stricte; la preuve s'en trouve dans la différence fonctionnelle considérable que l'on constate entre la *chlorhydrine* β produit final, et la *chlorhydrine* α , qui en est le produit initial. Les réactions à la suite desquelles s'effectue cette transformation, sont d'un genre simple, aisé, en dehors des températures élevées et des circonstances ordinaires où s'effectuent les mouvements atomiques qui portent atteinte à la structure primitive des molécules.

En ce qui concerne l'oxydation des chlorhydrines, j'ai quelques réserves à faire.

Les faits d'oxydation diverse que j'ai rapportés démontrent surabondamment, ce me semble, que les produits examinés qui les ont offerts renferment certainement la chlorhydrine α , un alcool *secondaire* $\text{HC}^{\text{I}} - \text{OH}$,

la chlorhydrique β , un alcool *primaire* - $\text{H}_2\text{C}(\text{OH})$; mais leur valeur probante ne va pas au delà, je veux dire, pour donner toute satisfaction aux esprits rigoureux, qu'ils ne démontrent pas que ces corps ne renferment que cela, c'est-à-dire l'*homogénéité chimique des liquides examinés*. J'avoue que je me sens impuissant à fournir la preuve expérimentale de cette homogénéité exclusive. Cette homogénéité, je l'admets toutefois, en me fondant sur les indications tirées de l'analogie la plus étroite.

Et d'abord, en ce qui concerne la chlorhydrique marquée α $\text{ClCH}_2 - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}_2 - \text{Cl}$, personne, je pense, n'a émis et n'émettra de doute sur l'homogénéité spécifique de l'alcool en C_3 qui provient de l'hydratation du propylène par l'acide sulfurique, pas plus que sur l'homogénéité de la *dichlorhydrique glycérique* $\text{C}_3\text{H}_5 - \text{Cl}_2(\text{OH})$ produit de l'addition de l'acide chlorhydrique à l'épichlorhydrique $\text{H}_2\text{C} - \text{CH} - \text{CH}_2\text{Cl}$. C'est le propre des réactions



qui s'accomplissent avec l'énergie qui caractérise celles que je viens de signaler, de s'établir dans une seule direction et de ne fournir par conséquent qu'un seul produit. Or la même énergie se constate dans l'action de l'acide sulfurique sur le chlorure d'allyle, et dans l'addition de l'acide chlorhydrique à l'oxyde de propylène $\text{H}_2\text{C} - \text{CH} - \text{CH}_2$, les deux réactions qui donnent nais-



sance à la mono-chlorhydrique α $\text{H}_3\text{C} - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}_2\text{Cl}$. J'en conclus que celle-ci est un produit homogène et unique dans sa masse.

La *mono-chlorhydrique* β $\text{H}_3\text{C} - \text{CHCl} - \text{CH}_2(\text{OH})$ en résulte, comme je l'ai déjà dit, par un système de réac-

tions successives, aisées à réaliser, consistant en des transformations du genre de celles auxquelles on est autorisé à appliquer le principe de la stabilité des édifices moléculaires, que *le substituant prend la place du substitué et en conserve les rapports de combinaison*. J'ajouterai encore que l'impossibilité d'obtenir avec cette chlorhydrine β l'*acétone chloro-nitrosée* $\text{H}_5\text{C} - \text{CO} - \text{CH Cl}(\text{NO})$, produit si éminemment caractéristique, est un fait direct qui autorise à croire que cette chlorhydrine ne renferme pas dans sa masse de la chlorhydrine primitive α qui la fournit si aisément et si abondamment.

La détermination de l'intensité du caractère alcool dans ces deux produits, par les diverses méthodes habituelles, pourra vraisemblablement jeter quelque lumière sur leur nature, simple ou complexe. Je n'ai pas été à même jusqu'ici de réaliser ces mesures dont l'établissement n'est pas sans difficulté.

Je m'occuperai dans la suite de la différenciation de ces deux composés isomères, par les autres méthodes que j'ai indiquées plus haut, mais, auparavant, je me propose de mettre au jour les résultats des recherches entreprises, pour compléter la série des dérivés étherés d'ordres divers du glycol propylénique, notamment de ceux qui se rattachent directement aux deux chlorhydrines dont je viens de m'occuper.

Dans la partie de ce travail faite dans ces dernières années, j'ai été puissamment aidé, au point de vue expérimental, par mon assistant, M. Aug. De Wael. Je tiens à le reconnaître et à le remercier de ses bons services.

Sur un curieux phénomène d'orientation par laminage ;
par G. Cesàro, correspondant de l'Académie.

En fondant une parcelle de cire sur une lame de verre, on obtient par refroidissement une masse confusément cristalline : les éléments qui la constituent sont entremêlés de manière qu'il ne se produit ni extinction en lumière parallèle ni figure d'interférence en lumière convergente. Sur les bords, là où l'épaisseur est la plus faible, on voit que la masse est formée de très petits cristaux allongés, microlites qui dessinent, en s'entrelaçant, un réseau à mailles vaguement rectangulaires.

Par l'introduction du mica quart d'onde, les microlites dont l'allongement est dirigé suivant l'axe du mica s'éteignent ; ceux qui sont normaux à cet axe se teintent en jaune, c'est-à-dire que l'allongement des microlites est *néгатif* et que leur retard est environ d'un quart d'onde.

*
* * *

Si l'on passe sur la couche de cire ainsi obtenue une spatule, en l'appuyant de manière à produire un laminage, on constate immédiatement un changement radical : le sillon produit paraît obscur entre les nicols croisés en lumière parallèle et, en lumière convergente, on obtient la croix noire entourée, lorsque l'épaisseur est suffisante, d'un cercle d'égal retard. Le mica quart d'onde montre que le corps orienté ainsi produit est optiquement *positif* (*).

(*) La fusion préalable de la cire n'est pas indispensable : on arrive au même résultat en opérant sur une mince tranche de cire.

*
* * *

En réalité, le corps produit par laminage ne paraît pas toujours uniaxe : en général, la croix se disloque pendant la rotation de la platine et dans certains cas, qu'il me reste à préciser, la figure d'interférence est nettement celle que donne un biaxe taillé normalement à la bissectrice aiguë; on aperçoit aux bords du champ la lemniscate de retard λ . L'écart entre les pôles des axes optiques est très variable : dans la même préparation, on trouve des plages sensiblement uniaxes et d'autres qui montrent des axes un peu moins écartés que ceux de la muscovite ordinaire. Dans tous les cas où il y a production d'une figure biaxe, la bissectrice est *positive*, et le plan des axes optiques est normal à la direction suivant laquelle le laminage a été effectué.

*
* *

Nous admettons comme très probable que la substance à laquelle est dû le phénomène que nous décrivons (*) se trouve dans le même *état cristallin* avant et après le laminage, ou, au moins, qu'il n'y ait pas entre les deux états des différences essentielles (**). Dans cette hypothèse, on

(*) C'est probablement l'acide cérotique; cet acide entre pour 70 à 90 % dans la composition de la cire.

(**) La variabilité de l'angle des axes optiques du cristal produit par laminage pourrait donner un doute sur ce point, mais on sait que dans beaucoup d'espèces minérales, l'angle axial varie entre des limites souvent fort écartées; notamment la chaleur produit des déformations quelquefois permanentes.

peut donner une idée du mécanisme par lequel le laminage a produit l'orientation des différents éléments :

a) *Orientation uniaxe.* — Dans ce cas, l'existence de la figure d'interférence *n'indique pas une équi-orientation complète*, c'est-à-dire la formation d'un cristal unique, car, au point de vue optique, toutes les sections passant par l'axe étant équivalentes, l'une d'elles peut se substituer à l'autre sans que la symétrie optique soit altérée. Ainsi, la seule condition nécessaire pour que ces microlites enchevêtrés qui constituent la lame de cire se transforment en un ensemble uniaxe optiquement homogène, c'est que dans tous ces petits cristaux, l'axe optique vienne se diriger normalement au plan de la préparation. En comparant le signe de l'allongement des microlites au signe de la matière orientée, on conclut que *dans les microlites l'axe optique se trouve situé dans un plan normal à l'allongement* et que, en général, à cause de la hauteur de la teinte de polarisation, cet axe y est fort écarté de la normale à la lame. On peut donc s'imaginer la couche de cire, après fusion et avant le laminage, comme formée d'une multitude de petits bâtonnets entremêlés, ayant l'axe optique perpendiculaire à l'allongement et très rapproché de la lame de verre sur laquelle ils reposent. Comme après laminage nous trouvons tous ces axes optiques placés normalement au plan de la préparation, les choses se sont passées comme si la composante dirigée suivant la longueur du microlite n'avait pas eu d'action et que la composante normale à la longueur avait fait rouler le microlite sur lui-même jusqu'à ce qu'il soit venu placer son axe optique perpendiculairement à la lame de verre.

b) *Orientation biaxe.* — Dans le cas de la production d'un milieu biaxe, l'orientation partielle dont il vient d'être parlé ne suffit plus pour donner un milieu optiquement homogène, les sections passant par la bissectrice, qui est la normale à la lame, n'étant plus équivalentes : le laminage doit non seulement faire rouler chaque bâtonnet sur lui-même de manière qu'il vienne placer sa bissectrice aiguë normalement à la lame, mais, en outre, il doit aligner les microlites parallèlement à une certaine direction, qui est ou bien celle que la spatule suit dans l'action du laminage, ou bien la direction perpendiculaire.

*
* * *

Cires minérales (*). — J'ai essayé si le même phénomène se produisait avec les cires minérales :

Hatchettine.—Après fusion et refroidissement, elle présente, comme la cire, un réseau plus ou moins rectangulaire de microlites à allongement *négatif*. Le laminage produit aussi un corps orienté optiquement *positif*; mais le phénomène est moins net qu'avec la cire à cause du peu de plasticité de la substance.

Ozocérîte.—Après fusion et refroidissement, on obtient de longs microlites *négatifs* formant des *groupements radiés*. Le laminage donne un corps biaxe optiquement

(*) Voir : *La Hatchettine et l'Ozocérîte* (ANN. DE LA SOC. GÉOL. DE BELGIQUE, t. XVIII, 1891).

positif, à axes beaucoup plus écartés que dans la cire. Ici, la longueur des microlites permet de saisir le mécanisme de l'orientation : là où la spatule a été appuyée, pour commencer on voit les microlites d'abord convergents, tendre à l'orientation parallèle à celle du laminage, comme s'ils étaient entraînés par le mouvement de la spatule. Ici encore, le plan des axes optiques est normal à la direction du laminage.

*
* *
*

Expériences de M. W. Spring. — Les faits que je viens de relater se rattachent à ceux que mon savant confrère et ami signalait déjà en 1880 sur la *crystallisation des corps sous l'action de la pression et du laminage* et qui l'amenaient à cette conclusion si importante (*) : *Lorsque pendant l'action de la pression les grains d'une poudre se soudent, l'attraction des particules s'exerce suivant les axes cristallins.*

Je crois utile de rappeler ici les différentes expériences qui ont amené M. Spring à la conclusion ci-dessus :

1° De la poudre fine de bismuth, soumise à une pression de 6000 atmosphères, se prend en un bloc, qui, brisé, montre une *cassure cristalline*, identique à celle du métal qui a été fondu ;

2° De la poudre de zinc, comprimée à la température de 150°, température à laquelle ce métal est le plus malléable, se soude en un bloc à cassure cristalline ;

3° Le soufre *prismatique* transparent fraîchement pré-

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 2^e sér., t. XLIX, 1880.

paré, soumis à la pression de 5000 atmosphères, à la température de 15°, se moule en un bloc opaque beaucoup plus dur que ceux que l'on obtient par fusion. L'examen microscopique de la cassure et le point de fusion montrent que l'on a affaire à du soufre *octaédrique* ;

4° Le soufre *plastique*, fraîchement préparé, supporte sans modification *immédiate* une pression de 5000 atmosphères, mais une pression de 6000 atmosphères le change en quelques instants en soufre *octaédrique*. Le changement commence à s'effectuer sous la pression de 5000 atmosphères : la surface du bloc se recouvre d'une croûte cassante de soufre octaédrique, l'intérieur restant plastique ;

5° Le sulfure de plomb précipité donne, après pression, une masse qui, au microscope, présente des clivages comme la galène ;

6° Le sulfure d'arsenic précipité cristallise, en se soudant, sous une pression de 6000 atmosphères ;

7° L'iodure mercurique précipité et lavé à froid se soude, sous une pression de 4000 atmosphères, en un bloc dont la cassure scintille sous une vive lumière ; la matière obtenue est transparente sous une faible épaisseur et se présente au microscope comme formée d'un *amas de cristaux transparents* ;

8° L'arsenic amorphe (*), sublimé dans un courant d'anhydride carbonique, soumis à une pression de 6000 atmosphères, se transforme en un bloc un peu friable ; d'après l'augmentation de densité constatée dans

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3^e sér., t. V, n° 2.

la substance après compression, on trouve que le quart environ de l'arsenic amorphe s'est transformé en arsenic cristallin.

*
* *
*

L'expérience dont s'occupe la présente note se rapproche surtout des deux premières expériences de M. Spring, expériences dans lesquelles la poudre très ténue, obtenue à l'aide d'une lime, était déjà cristalline avant la compression. L'effort mécanique a donc produit non une cristallisation, mais une orientation, celle-ci étant indiquée par le miroitement simultané des petites facettes de clivage visibles dans la cassure.

Plasticité du nitrate sodique; par G. Cesàro,
correspondant de l'Académie.

On sait que le nitrate de sodium est isomorphe des carbonates rhomboédriques; l'angle de son solide de clivage est de $106^{\circ}30'$ et s'éloigne un peu plus que celui de la calcite du rhomboèdre type donné par

$$\cos \varphi = -\frac{1}{2}, \quad \varphi = 104^{\circ}28'39'',$$

qui jouit de plusieurs propriétés remarquables, entre autres d'avoir pour grandeurs d'axes de son ellipsoïde d'inertie (*) celles de ses axes cristallographiques.

(*) *Bull. de la Soc. min. de France*, t. IX, p. 281.

Le nitrate sodique est très semblable à la calcite au point de vue de ses propriétés physiques : signe optique, biréfringence excessive, etc. Je viens de constater, et j'ignore si ce fait est connu, que le nitrate sodique est aussi plastique que le spath d'Islande : toutes les expériences sur la formation de macles ou faces cristallines artificielles réussissent aussi bien avec le nitrate sodique qu'avec le spath. Ainsi :

a) Une lamelle de clivage placée sur un support élastique et pressée en un point par la pointe d'une épingle se macle immédiatement par rapport à b^1 .

b) La même macle se produit si l'on enfonce la lame d'un couteau dans un rhomboèdre de clivage, normalement à une arête obtuse, non loin du sommet obtus (expérience de Baumhaer).

c) On peut y produire artificiellement le prisme hexagonal d^1 , d'après la méthode qui m'a réussi (*) pour le produire dans le spath.

d) Les figures de rayure et de percussion des faces du rhomboèdre de clivage sont les mêmes que dans la calcite (**).

e) Les propriétés de la base a^1 sont les mêmes que dans le spath. Dans le nitrate sodique, il est très aisé de produire cette base, en usant un rhomboèdre sur une lame de verre humectée d'eau ; on retrouve les curieuses figures de rayure avec transformation de a^1 en e^1 , etc. (**).

(*) *Loc. cit.*, t. XIII, p. 497.

(**) *Ibid.*, t. IX, p. 241.

(***) *Ibid.*, t. XIII, p. 192, et *Ann. de la Soc. géol. de Belgique*, t. XVII, pp. 241 et 248.

Phénomènes périodiques observés à Tilff pendant les mois de mars et d'avril 1903; par F. Folie, membre de l'Académie.

5 mars. Feuillaison de l'aubépine, floraison de la pervenche et de la potentille blanche.

10 mars. Floraison du pas d'âne et du *Daphne Mezereum*.

15 mars. Floraison du cornouiller mâle, du groseillier, de la ficaire.

20 mars. Floraison de la sylvie, de la violette de chien; de la fumeterre tubéreuse; feuillaison du mélèze.

25 mars. Floraison du pêcher, du merisier, de la prunelle, du daphné lauréole, du caltha, des primevères (*veris* et *elatior*), de la cardamine, de l'euphorbe, du lierre terrestre, de la mercuriale vivace.

30 mars. Feuillaison du merisier et du néffier.

5 avril. Feuillaison du bouleau, du charme, floraison de la myrtille et de l'orme.

10 avril. Feuillaison du sorbier, du saule, de l'érable.

15 avril. Feuillaison du peuplier noir, floraison de l'ortie blanche.

20 avril. Floraison de l'ortie jaune, de la chélidoine, de la stellaire, du genêt, de l'ajonc épineux.

25 avril. Floraison de l'oxalis et de la potentille jaune, feuillaison du muguet, du peuplier d'Italie et de plusieurs fougères.

30 avril. Floraison des pommiers précoces (plein vent) et du fraisier des bois (première fleur).

A Liège, les pommiers, marronniers et lilas sont en pleine fleur; les hêtres et les acacias commencent à verdier.

A noter encore que le 22 mars, vers le coucher du soleil, j'ai vu, pour la dernière fois, très nettement les lueurs crépusculaires qui se sont fréquemment produites depuis les éruptions de la Martinique.

Je me hasarderai à répéter une affirmation que j'ai déjà énoncée dans un précédent numéro du *Bulletin*.

Les froids de Saint-Servais, 15-14 mai, redoutés depuis bien des générations et dont la nôtre a longtemps souffert, ne se reproduiront probablement plus. Je les ai attribués à l'essaim d'étoiles filantes des 15-14 novembre (*Annuaire* pour 1886). Une pluie remarquable de ces météorites ayant été observée par Humboldt en 1800, et s'étant reproduite en 1855, Quetelet conclut à une périodicité de 55 ans dans ce phénomène. Il se manifesta en effet avec éclat en 1866. On l'attendit, mais tout à fait en vain, en 1899. L'essaim a certainement subi une grande perturbation. Et, de fait, depuis 1895, je n'ai plus constaté de refroidissement sensible à ces dates bien fixes des 15-14 mai, et je pense que ce refroidissement si redouté des cultivateurs et surtout des jardiniers n'est désormais plus à craindre.

Sur la saponification des éthers par les oxydes insolubles en présence de l'eau; par Fréd. Swarts, professeur à l'École du génie civil annexée à l'Université de Gand.

L'influence des sels métalliques sur la rapidité avec laquelle un éther est saponifié par les bases a déjà été étudiée à maintes reprises.

C'est ainsi qu'Ostwald (*) a observé que la vitesse

(*) OSTWALD, *Ueber die Affinitätsgrößen der Basen* (JOURNAL FÜR PRAKTISCHE CHEMIE, Bd XXXV, 2. Folge, S. 112).

spécifique de saponification de l'acétate d'éthyle par les bases solubles subit une diminution progressive à mesure que le sel formé s'accumule dans la dissolution. Cette diminution est d'autant plus prononcée que la base est plus faible, c'est-à-dire, dans notre conception actuelle de l'état des corps dissous, que son degré d'ionisation est moins prononcé. Négligeable pour KOH, cette régression est très marquée pour NH_4OH et les amines.

A peu près à la même époque, Arrhénius (*) montra l'influence qu'exerce l'addition de sels métalliques renfermant le même métal que la base sur la vitesse de saponification. Il constata une action retardatrice, très importante quand la saponification se fait par une base faible.

Ces faits furent expliqués, quelques années plus tard, à la lumière de la théorie de l'ionisation. La saponification des éthers par les bases est provoquée par les ions OH qui se forment dans la dissociation électrolytique des hydroxydes métalliques, et la réaction peut s'écrire :



La vitesse de la réaction doit donc être proportionnelle à la concentration $\text{C}_{(\text{OH})}$ des ions OH'.

$$V = S. \text{C}_{\text{OH}}.$$

(*) ARRÉNIUS, *Einfluss der Neutralsalze auf die Verseifung von Aethylacetat* (ZEITSCHR. FÜR PHYSIK. CHEMIE, Bd I, S. 110 .

Or cette concentration est liée à la concentration de la base par la condition d'équilibre d'ionisation

$$C_M \times C_{(OH)}^n = KC_{M(OH)_n},$$

C_M étant la concentration des ions de métal, $C_{M(OH)_n}$ celle de la base non ionisée et n la valence du métal.

A mesure que la saponification progresse, c'est-à-dire qu'il se forme une quantité plus considérable de sel métallique, le nombre d'ions de métal augmente : les sels étant en général plus ionisés que les bases correspondantes. Lorsque la base est très forte, comme KOH, son degré d'ionisation est très élevé et l'augmentation du nombre d'ions de métal par la transformation en sel est peu sensible. Il en sera autrement pour les bases faibles, comme NH_4OH , qui ne donnent en solution qu'un nombre restreint d'ions, tandis que les sels correspondants sont presque complètement ionisés. Les progrès de la réaction provoquent donc dans ce cas une augmentation considérable du nombre d'ions métalliques.

La condition d'équilibre d'ionisation de la base nous apprend que plus la concentration des ions métalliques devient forte, plus celle des ions OH' diminuera; plus donc la réaction de saponification sera lente. Dans le cas des bases puissantes, comme KOH, la variation dans la concentration des ions de métal est si peu importante qu'elle n'a qu'une influence négligeable sur la marche de la réaction (*). Pour obtenir une rétrogradation sensible

(*) Voir OSTWALD, *loc. cit.*

de la vitesse spécifique, il faut ajouter à la solution des quantités considérables d'ions de métal sous forme de sel métallique, comme le prouve le travail d'Arrhénius. La saponification des éthers par les bases faibles est au contraire influencée à un très haut degré par la formation du sel métallique. La vitesse spécifique tombe à moins du tiers de sa valeur initiale quand la réaction est à moitié terminée (Ostwald), et l'addition à une dissolution au quarantième normale d'ammoniaque d'un vingtième de molécule-gramme d'un sel ammoniacal réduit la vitesse spécifique de moitié (Arrhénius).

J'ai eu récemment l'occasion de m'occuper d'une réaction similaire à propos de l'alcool bifluoré que je prépare en saponifiant son bromure $\text{Br-CH}_2\text{CHFl}_2$ par l'oxyde de mercure en présence de l'eau (*).

Je n'avais pas choisi cet oxyde au hasard ; je répéterai, en m'y étendant quelque peu, les considérations qui m'avaient conduit à employer cet oxyde de préférence à tout autre.

La saponification d'un éther par l'eau et un oxyde métallique insoluble se déroule d'une manière analogue à celle que provoquent les bases solubles. L'oxyde subit au contact de l'eau une transformation partielle en hydroxyde qui passe en solution et s'ionise plus ou moins ; les ions OH' provoquent alors la saponification. La vitesse de réaction sera donc d'autant plus grande que l'hydroxyde est plus soluble et que son coef-

(*) F. SWARTS, *Sur l'alcool bifluoré* (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, 1902, n° 41, p. 731).

ficient d'ionisation est plus élevé. La réaction diffère de celle des bases solubles par le fait que la concentration de l'hydroxyde non ionisé reste constante, ce dernier se formant aux dépens de l'eau et de l'oxyde à mesure que les progrès de la réaction le font disparaître de la solution.

La condition d'équilibre d'ionisation prend la forme

$$C_M \times C_{(OH)}^n = \text{constante},$$

$C_M \times C_{(OH)}^n$ étant le produit de solubilité de l'électrolyte.

Cette relation nous montre que, comme dans le cas précédent, la vitesse de la réaction doit diminuer, la concentration des ions OH' devenant de plus en plus faible à mesure que les ions M s'accumulent dans la solution. En outre, l'hydroxyde réagissant plus lentement, il en résulte une réduction correspondante de la vitesse de dissolution de l'oxyde métallique dans l'eau.

Dans les deux cas, c'est donc à l'augmentation progressive de la concentration des ions de métal qu'est dû le ralentissement de la saponification.

Si ces ions, au lieu de s'accumuler dans la solution, se combinaient au résidu halogénique pour donner soit un sel insoluble, soit un sel peu ionisé, leur concentration ne pourrait dépasser une certaine limite, déterminée par le produit de solubilité du sel dans le premier cas, par le coefficient de dissociation électrolytique dans le second. Moins le sel formé sera soluble, ou bien moins il sera ionisé, et plus la réaction sera rapide. C'est à l'insolubilité presque complète du chlorure, du bromure

et de l'iodure d'argent qu'il faut attribuer la facilité avec laquelle l'oxyde d'argent humide transforme les éthers haloïdes en alcools.

Les sels haloïdes de mercure nous offrent un remarquable exemple de sels peu ionisés. Une solution 0.017 normale de chlorure mercurique n'a qu'une conductibilité moléculaire de 2.59; une solution 0.0124 normale de bromure mercurique, de 1.29 (*). Aussi la production du chlorure mercurique et à plus forte raison celle du bromure dans la saponification d'un éther haloïde par l'oxyde mercurique n'introduira-t-elle que peu d'ions Hg^{++} dans la solution, et la réaction ne sera guère retardée. C'est la raison pour laquelle j'avais choisi l'oxyde de mercure pour préparer l'alcool bifluoré, et les bons résultats que j'ai obtenus ont confirmé mes prévisions.

Dans le rapport élogieux que M. L. Henry a bien voulu faire sur mon travail, il émet l'idée que l'action de l'eau seule suffit à expliquer la formation de l'alcool bifluoré; l'oxyde de mercure servirait à fixer l'acide bromhydrique formé.

Il est hors de doute que l'eau seule peut produire la saponification des éthers haloïdes; nous savons le rôle considérable que jouent les ions OH^{-} qu'elle renferme dans une foule de réactions hydrolytiques.

Il convenait donc, pour trancher la question et répondre à l'objection du savant académicien, de soumettre les considérations théoriques que j'ai exposées à un contrôle expérimental plus complet.

(*) GROTRIAN, *Ann. der Physik und Chemie*, neue Folge, Bd XVIII, S. 177.

J'ai fait une série d'expériences de saponification du bromure de difluoréthyle par les oxydes de magnésium, de zinc, de cadmium et de mercure, en présence de l'eau. Ces quatre oxydes dérivent de métaux appartenant au même groupe dans la classification périodique; ils sont donc comparables entre eux au point de vue de leur aptitude réactionnelle. Leur caractère basique va décroissant du premier au dernier; il en est de même du coefficient d'ionisation des sels des quatre métaux.

La solubilité moléculaire de $\text{Mg}(\text{OH})_2$, $\text{Zn}(\text{OH})_2$ et HgO est respectivement de 0.0002, 0.00005 et 0.00005 au litre. Les deux premières données sont empruntées à Kohlrausch (*), la troisième de la solubilité de HgO dans l'eau déterminée par Wallace (**). Je n'ai pu trouver d'indications sur la solubilité de $\text{Cd}(\text{OH})_2$; il est probable qu'elle est plus petite que celle de $\text{Zn}(\text{OH})_2$ et plus grande que celle de HgO .

L'oxyde de magnésium a été préparé par calcination, à température aussi basse que possible, de magnésie blanche pure. Les oxydes de zinc et de cadmium ont été obtenus par la déshydratation des hydroxydes purs. L'oxyde de mercure était de l'oxyde jaune obtenu par précipitation. Je me suis assuré qu'aucun de ces produits ne renfermait d'hydroxyde ou de carbonate alcalin; j'ai vérifié également l'absence de chlore ou de brome.

Les expériences ont été faites de la manière suivante : J'ai introduit un vingtième de molécule-gramme d'oxyde

(*) KOHLRAUSCH und HOLBORN, *Leitvermögen der Electrolyten*, 1898.

(**) W. WALLACE, *Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie*, 1858, S. 202.

dans un tube en verre d'Iéna; j'ai ajouté exactement 25 centimètres cubes d'eau et un dixième de molécule-gramme de bromdifluoréthane.

A l'effet d'opérer dans des conditions identiques pour les quatre oxydes, j'ai chauffé simultanément une série de tubes contenant chacun un oxyde différent, dans une étuve à tubes scellés dont la température était convenablement réglée. Je m'étais assuré par des essais préliminaires que la différence de température dans les manchons en fer renfermant les tubes ne dépassait pas 1°.

J'ai chauffé à une température assez basse, variant, suivant la série d'expériences, entre 159° et 145° (température à l'intérieur des manchons), de manière à éviter, dans la mesure du possible, les réactions secondaires sur l'angle fluoré de la molécule. Je ne suis pas parvenu à obtenir ce résultat dans les expériences faites avec l'oxyde de magnésium; j'ai constaté chaque fois, dans ce cas, la production de petites quantités de fluorure de magnésium et la formation de substances réduisant la liqueur de Fehling.

J'ai déterminé la quantité d'éther saponifié en dosant le bromure métallique formé. Le contenu des tubes fut soigneusement recueilli dans un ballon jaugé de 500 centimètres cubes, additionné des eaux de lavage du tube, puis chauffé au bain-marie pour en chasser complètement le bromdifluoréthane inaltéré. J'y ajoutai ensuite un léger excès d'acide sulfurique étendu pour amener l'oxyde non transformé en dissolution. Je complétais alors le volume à 500 centimètres cubes et je titrai le brome par la méthode de Volhardt sur 25 centimètres cubes de la dissolution.

Cette méthode n'est pas applicable aux essais faits avec l'oxyde de mercure : le bromure mercurique ne se laisse pas doser volumétriquement, ni par la méthode de Mohr ni par celle de Volhardt.

J'ai transformé le bromure mercurique en bromure de potassium par ébullition prolongée avec une solution étendue de potasse caustique exempte d'halogène. L'oxyde mercurique formé fut repris par la potasse caustique pour assurer la décomposition du bromure basique qui eût pu se produire. Je me suis assuré que le résidu d'oxyde ne renfermait plus de brome. J'ai dosé le bromure de potassium par les méthodes connues sur une partie aliquote de la solution alcaline.

Voici le résultat de trois expériences :

Première série. Chauffé pendant deux jours à 142°.

Saponification par	Quantité de bromure alcoolique saponifié.
MgO	46.74 %
ZnO	53.99 %
CdO	54.8 %

HgO A l'ouverture
du tube, je n'ai pas
perçu la moindre
odeur de C_2H_5Br ;
le dosage de brome
n'a pas été fait.

Le contenu des tubes à MgO et ZnO était franchement alcalin ; celui du tube à CdO était neutre ; la solution aqueuse était acide dans le tube à HgO.

Le résidu solide de l'essai fait avec MgO ne se dissout pas intégralement dans l'acide sulfurique étendu; il s'était formé une certaine quantité de fluorure de magnésium que j'ai caractérisé qualitativement.

Deuxième série. Chauffé pendant seize heures à 159° .

Saponification par	Quantité de bromure saponifié.
MgO	31.3 %
ZnO	38.23 %
CdO	38.65 %
HgO	100 %

Mêmes observations que pour la première série concernant la réaction des solutions aqueuses et la formation de fluorure de magnésium.

J'ai fait ensuite un essai comparatif entre ZnO et l'oxyde de mercure rouge et cristallin pour m'assurer si l'avantage marqué que présente l'oxyde jaune de mercure n'était pas dû à son état de division plus parfait. L'expérience a été interrompue avant que tout le bromure de difluoréthyle eût disparu dans le tube à HgO .

Troisième série.

Saponification par	Quantité de bromure saponifié.
ZnO	45.42 %
HgO	68.63 %

Comme on peut le reconnaître en comparant ces résultats avec ceux de la deuxième série, le rapport entre les quantités de bromure saponifiées par HgO et ZnO est plus petit quand on emploie l'oxyde rouge que quand on

met en œuvre l'oxyde jaune : le degré de complication moléculaire de l'oxyde a donc une influence notable sur la vitesse de réaction. L'oxyde de mercure, même sous sa forme compacte, n'en est pas moins encore beaucoup plus actif que l'oxyde de zinc.

Il m'a paru intéressant de comparer l'action de l'oxyde de plomb à celle de l'oxyde rouge de mercure. L'oxyde de plomb est une base forte et sa solubilité moléculaire est supérieure à celle des quatre oxydes déjà étudiés : elle est de 0.0008. D'autre part, le bromure de plomb est très peu soluble dans l'eau; la précipitation de ce sel devait donc, si l'interprétation que j'ai donnée de la réaction est exacte, favoriser la saponification. C'est ce qui ressort de l'expérience.

L'oxyde de plomb employé était de la litharge très divisée, telle qu'on l'emploie dans la préparation de la céruse par voie humide. Pour doser le bromure formé, j'ai traité le contenu du tube par l'acide acétique, afin de dissoudre l'oxyde de plomb inaltéré; j'ai dissous ensuite le bromure de plomb dans l'eau bouillante. La solution, parfaitement limpide, a été étendue à 5 litres; j'y ai dosé le brome volumétriquement.

Quatrième série.

Saponification par	Quantité de bromure saponifié.
PbO	60.88 %
HgO	67.62 %

Si nous comparons ces résultats à ceux des première, deuxième et troisième séries, nous reconnaissons que la vitesse de saponification par PbO est bien supérieure à

celle de MgO , ZnO et CdO et se rapproche, sans l'atteindre cependant, de celle de l'oxyde rouge de mercure.

Les résultats auxquels je suis arrivé me paraissent démontrer de la manière la plus satisfaisante l'influence considérable de la concentration des ions de métal sur la vitesse de saponification.

Si l'eau jouait le rôle prépondérant dans la saponification, l'oxyde métallique ne servant qu'à fixer l'hydracide formé, la vitesse de saponification devrait être le plus forte pour la magnésie et décroître dans la série des oxydes MgO , ZnO , CdO , HgO , à mesure que le poids atomique du métal s'élève, puisque c'est dans cet ordre que décroissent la solubilité et le caractère basique de l'oxyde. Il en serait encore de même si la saponification se faisait par l'oxyde dissous, mais que le rôle de la concentration des ions de métal fût négligeable.

Or, c'est précisément dans l'ordre inverse que se rangent les oxydes au point de vue de leur fonction saponifiante.

Dans le groupe MgO , CdO , ZnO , la vitesse de réaction augmente du premier terme au dernier, tandis que le coefficient d'ionisation des bromures correspondants diminue.

Les sels haloïdes de magnésium et de zinc sont facilement hydrolysés par l'eau avec formation de sels basiques et d'hydracide ; cette réaction réversible pourrait s'opposer aux progrès de la transformation, si celle-ci était due à l'eau et expliquer les vitesses moindres observées dans la saponification par MgO et ZnO . Il n'y a pas lieu de tenir compte de cette objection, car, comme je l'ai dit

plus haut, les solutions étaient encore alcalines à la fin de l'expérience.

Le ralentissement dû à la présence des ions de métal compense donc, et au delà, les avantages que donnent aux oxydes à poids moléculaire peu élevé du groupe une solubilité et une ionisation plus grandes.

Les différences que j'ai constatées ne sont pas très grandes pour les oxydes de Mg, Zn, Cd; par contre, l'oxyde de mercure s'écarte considérablement de ses congénères. Ce fait n'a rien qui doive étonner; le bromure de mercure n'est guère dissocié en solution, son ionisation est environ cinquante fois plus faible en solution $\frac{1}{400}$ n. que celle du bromure de cadmium. Le nombre d'ions de mercure qui restent en solution est donc minime. En outre, le bromure mercurique est moins soluble que les bromures de Mg, Zn, Cd, et une partie de ce sel se dépose à l'état solide pendant la réaction; dès lors, la concentration des ions de mercure reste constante.

L'oxyde de plomb possède un pouvoir saponifiant très élevé qui atteint presque celui de HgO . Ce fait s'explique d'abord par la solubilité moléculaire assez grande de l'hydroxyde de plomb; elle est, en effet, quatre fois plus élevée que celle de Mg(OH)_2 . Mais le facteur prédominant est ici la faible solubilité du bromure de plomb, qui empêche, malgré l'ionisation importante des sels de plomb (les sels haloïdes de plomb sont moins ionisés que ceux de magnésium, de zinc et de cadmium, mais beaucoup plus que ceux de mercure), la concentration des ions de plomb d'atteindre une valeur considérable.

Les données expérimentales que j'ai recueillies ne

permettent pas d'établir en valeur absolue l'activité chimique relative des oxydes métalliques que j'ai étudiés. Celle-ci dépend dans une large mesure de l'état particulaire de l'oxyde, comme le prouve la différence entre les résultats obtenus avec les oxydes de mercure rouge et jaune.

Les oxydes que j'ai employés, sauf HgO rouge, étaient peu compacts, mais la compacité n'était certes pas la même pour tous ; il ne serait donc pas possible de tirer des résultats obtenus le coefficient d'ionisation des hydroxydes correspondants aux oxydes. Il manque, en outre, pour pouvoir étudier la question à un point de vue plus mathématique, des connaissances plus étendues sur la solubilité des oxydes et des bromures, ainsi que sur l'ionisation de ces derniers, aux températures auxquelles j'ai opéré.

Ces recherches ont été faites surtout dans le but de vérifier l'exactitude de l'interprétation que j'avais donnée de la réaction de préparation de l'alcool bifluoré.

Les résultats auxquels je suis arrivé m'engagent à poursuivre cette étude sur des éthers d'une obtention moins coûteuse que celle du difluorbrométhane et se saponifiant à de basses températures. J'espère ainsi pouvoir arriver à déterminer la vitesse spécifique de saponification pour différents oxydes et à faire faire quelques progrès à nos connaissances sur cette intéressante réaction.

Cette petite notice ne doit donc être considérée que comme une communication préliminaire.

Université de Gand, 4 avril 1903.

Sur les trémulations fibrillaires du cœur du chien; par
 Firmin Philips, préparateur à l'Institut de physiologie
 de l'Université de Liège.

§ 1. — HISTORIQUE.

On sait que chez le chien adulte dont le cœur a conservé toute son excitabilité, on peut provoquer, au moyen d'une excitation électrique (choes d'induction) d'un des ventricules, des trémulations fibrillaires arrêtant simultanément les pulsations dans les deux ventricules, les oreillettes continuant à battre; de même l'excitation d'une portion d'une oreillette ou d'une auricule par des choes d'induction, même peu intenses, produit des trémulations fibrillaires dans les deux oreillettes, qui cessent de battre, tandis que les ventricules continuent à pulser.

De plus, les trémulations fibrillaires de l'oreillette se distinguent de celles du ventricule en ce qu'elles sont passagères et remplacées après peu de temps par des pulsations normales; tandis que les trémulations fibrillaires du ventricule sont permanentes, arrêtent le cœur et provoquent par conséquent la mort de l'animal (1).

Les recherches de Prévost et Batelli ont établi récemment que les trémulations fibrillaires ou fibrillations

(1) Ludwig et Hoffa,

du ventricule pouvaient disparaître et être remplacées par des pulsations normales, grâce à une décharge électrique intense.

De plus, ce cœur, ainsi revenu, pouvait présenter de nouveau des fibrillations si on l'excitait au moyen d'un courant électrique en un point autre que celui où le courant électrique, qui l'avait ramené de ses fibrillations, avait été appliqué. Porter a également fait cesser les fibrillations du ventricule et fait réapparaître les pulsations, au moyen d'une circulation artificielle par les artères coronaires.

Mais des expériences se rapportant aux trémulations fibrillaires ont été faites chez d'autres animaux encore.

Gley démontra que le cœur, et en particulier le ventricule, se remettait de sa fibrillation chez les nouveau-nés; il étudia de plus jusqu'à quel moment de la vie ce phénomène se présentait. Prévost remarqua l'absence de fibrillations chez les animaux à sang froid et chez les rats blancs. Batelli vit les trémulations fibrillaires être ordinairement permanentes chez le cochon d'Inde (confirmé par Prévost), durer quelques secondes chez le lapin et ne durer chez le chat que pendant l'excitation. Chez ces animaux, la fibrillation des oreillettes est toujours passagère.

Kronecker a voulu expliquer la cause de la fibrillation. Chez le chien, dit-il, les contractions fibrillaires incoordonnées (délire du cœur) ne se montrent que si le muscle cardiaque a conservé toute son excitabilité et si on le soustrait brusquement à l'action coordinatrice des centres nerveux intracardiaques. Ces centres nerveux sont paralysés par l'anémie aiguë, l'excitation électrique ou

mécanique, l'abaissement de température à 25° (chien), le chloroforme; ces derniers agents opèrent en somme de la même façon que l'anémie aiguë (ils provoquent la contraction des artères coronaires). Mais cette opinion est combattue par bien des auteurs. Hermann et Langerdorff, tout en rejetant la théorie de Kronecker, prétendent qu'il s'agit dans ces phénomènes de fibrillation de l'intervention d'une cause nerveuse, tout en admettant que la fibrillation d'origine musculaire soit également possible.

D'autres auteurs ont fait ressortir l'influence de la température sur la fibrillation; les animaux à sang froid ne la présentent pas, et le cœur de grenouille, qui normalement ne présente pas de fibrillation, en présente s'il est soumis à une température de 50°-54° (Batke).

D'autres se sont demandé si la persistance des pulsations ventriculaires n'était pas en rapport avec le nombre des pulsations du cœur; en effet, les trémulations fibrillaires du chien adulte sont persistantes, elles ne le sont pas chez le nouveau-né; en général, elles ne sont pas durables chez tous les nouveau-nés. Or, le nombre des battements du cœur est plus grand chez le chien nouveau-né que chez l'adulte; de plus, il est plus grand chez le cobaye, le lapin et le rat que chez le chien adulte (Batelli). Le même auteur a vu que l'accélération des pulsations que peut présenter l'oreillette sous l'influence de l'excitation d'un courant électrique est plus grande que celle que peut présenter le ventricule sous l'influence de l'excitation; cela expliquerait comment les oreillettes se remettent plus facilement de la fibrillation que les ventricules.

Batelli divise les trémulations ventriculaires en deux catégories : les trémulations verticales et les trémulations horizontales. Après avoir examiné le caractère de chacune d'elles, il conclut au rôle prépondérant des horizontales sur la durée des trémulations ventriculaires.

Bref, la cause de la fibrillation est loin d'être élucidée.

Pour ma part, j'ai étudié :

1° L'influence de la fibrillation de l'oreillette sur les pulsations du ventricule ;

2° L'influence de la fibrillation du ventricule sur les pulsations de l'oreillette ;

3° L'influence de l'excitation du nerf pneumogastrique sur la fibrillation de l'oreillette ;

4° L'influence de l'excitation du nerf pneumogastrique sur la fibrillation du ventricule ;

5° L'influence de l'excitation du nerf pneumogastrique sur les pulsations du ventricule pendant la fibrillation de l'oreillette ;

6° L'influence de l'excitation du nerf pneumogastrique sur les pulsations de l'oreillette pendant la fibrillation du ventricule.

Mais avant d'aborder ces questions, je vais exposer ma manière d'opérer.

§ 2. — PROCÉDÉ D'OPÉRATION.

J'ai opéré sur un grand nombre de chiens adultes d'un poids variant entre 15 kilogrammes et 40 kilogrammes, mâles et femelles. Pour anesthésier l'animal, j'en fais une injection de chlorhydrate de morphine à 2 % à raison de 1 centigramme par kilogramme d'animal ; pendant l'opération, je lui fais inhaler du chloroforme.

L'opération consistait à lui enlever le plastron sternal de manière à mettre le cœur complètement à nu. La respiration artificielle à air chaud était pratiquée.

Pour inscrire les pulsations artérielles, je me suis servi du sphygmoscope (modèle Fredericq), et pour inscrire les pulsations ventriculaires, je me suis servi de la coquille de Marey ou de la pince myo-cardiographique (modèle Fredericq).

Pour inscrire les pulsations de l'oreillette, je me suis servi d'un tambour sur support. La membrane de ce tambour était munie d'un levier dont les excursions se transmettaient au tambour, relié lui-même à un tambour à levier inscripteur. Le levier du tambour sur support était muni à son extrémité d'un fil à crochet, celui-ci plongeait dans l'oreillette, de sorte que c'étaient les mouvements de celle-ci qui se transmettaient. Comme excitation, je me suis servi de courants induits fournis par la bobine secondaire du chariot de Du Bois-Reymond, alimentée elle-même par une pile à treuil à trois éléments Grenet. Le moment de l'excitation était indiqué par le signal électrique de Marcel Deprez.

§ 5.

1. — *Influence de la fibrillation de l'oreillette sur les pulsations du ventricule.*

Au moyen d'un courant électrique d'intensité suffisante et variable, je produis, en appliquant les électrodes en un point quelconque de l'oreillette droite ou gauche, la fibrillation passagère des deux oreillettes. Si, pendant la

fibrillation, on remarque ce qui se passe du côté du ventricule (voir graphique n° I), on constate :

1° Que la fréquence des pulsations est augmentée. Dans le graphique ci-contre, nous voyons que pour un espace correspondant environ à trois secondes, nous avons cinq pulsations avant la fibrillation; pendant la fibrillation, il y en a quatorze, c'est-à-dire au delà du double. Il peut arriver que cette accélération notable du ventricule ne soit pas atteinte; mais, cependant, ordinairement les pulsations du ventricule doublent approximativement ;

2° L'irrégularité de la fréquence ;

3° Que l'énergie des pulsations successives n'est pas égale ;

4° Que la force des pulsations est en général beaucoup moindre, c'est-à-dire que l'énergie de la contraction du cœur est de beaucoup diminuée en général.

Cette diminution de l'énergie cardiaque est telle que souvent les pulsations cardiaques sont à peine marquées — si elles le sont — par une légère ondulation sur le tracé sphygmoscopique (1).

De plus, le début de la fibrillation est postérieur au début de l'excitation; il y a une période latente extrêmement petite, durant d'ordinaire le temps d'une pulsation.

La fibrillation dure encore un certain temps après la cessation de l'excitation électrique; puis, après un certain temps, les pulsations reprennent. Tous ces phénomènes se montrent sur le graphique n° I.

J'ai pris des points de repère au début de l'expérience et au début de l'excitation; deux points de repère

(1) Le sphygmoscope est introduit dans une carotide.

pendant l'excitation ; un point de repère à la reprise des pulsations normales.

Pour la période latente du début de l'excitation, je renvoie au graphique n° III.

J'ai pu me convaincre que la durée de la fibrillation après la cessation du courant électrique est en rapport avec l'excitabilité propre du tissu musculaire plutôt qu'avec l'intensité du courant. Il y a, en effet, une différence notable entre la durée des fibrillations de l'oreillette chez les différents animaux en expérience ; de plus, on voit l'oreillette réagir à peine à l'excitation de courants électriques, même intenses, par une fibrillation, si l'on a excité pendant longtemps l'oreillette, si l'on a répété souvent la fibrillation.

Notons en passant que ces mêmes phénomènes se manifestent du côté du ventricule pendant la fibrillation des oreillettes, après la section des nerfs pneumogastriques.

II. — *Influence de la fibrillation du ventricule sur les pulsations de l'oreillette.*

Si l'on provoque la fibrillation des ventricules et si l'on observe ce qui se passe du côté des oreillettes, on voit que les pulsations de celles-ci restent régulières comme fréquence et comme énergie.

A peine remarque-t-on une très légère accélération des pulsations et une légère diminution de l'énergie des pulsations.

Bientôt après, les pulsations deviennent de plus en plus faibles, de plus en plus espacées ; puis elles cessent complètement.

Ces phénomènes se montrent dans le graphique n° II.

On voit que, sitôt que le ventricule est excité, le cœur s'arrête : plus de pulsations. L'oreillette, elle, diminue légèrement l'énergie de ses pulsations et les accélère quelque peu. (Voir graphique A.)

Nous comptons, dans un espace déterminé à partir du premier point de repère, quatre pulsations ; dans ce même espace, à partir du troisième point de repère, mais en allant vers la gauche, nous en comptons cinq.

Ces phénomènes du début se poursuivent pendant douze secondes de la même façon ; aussi je ne les ai pas représentés. Mais dans une seconde partie du graphique B, on voit la fin de l'expérience : le ralentissement des pulsations et leur affaiblissement progressif par la cessation de celles-ci. En résumé, l'effet de la fibrillation du ventricule sur les pulsations de l'oreillette est à peu près nul.

Mais la fin de l'expérience — les pulsations espacées et de plus en plus faibles — n'est pas toujours telle.

On peut voir, en effet, se produire brusquement une accélération des pulsations suivie de fibrillations, puis l'arrêt de l'oreillette.

D'autres fois, la fibrillation ne se produit pas.

J'ai constaté, dans d'autres circonstances, que les auricules pouvaient continuer à battre après que toute pulsation eût disparu dans les oreillettes.

Mais cette suite de phénomènes n'est pas due directement à la fibrillation des ventricules, car ils se produisent un certain temps après le début de celle-ci ou même quand les fibrillations ont déjà cessé dans le ventricule.

Ils sont dus probablement au défaut de l'apport d'éléments nutritifs dans l'oreillette, le sang n'y circulant pas.

III. — *Influence de l'excitation du nerf pneumogastrique sur la fibrillation de l'oreillette.*

Si pendant la fibrillation de l'oreillette on excite au moyen d'un courant électrique le nerf pneumogastrique, on parvient à arrêter complètement la fibrillation de celle-ci. Seulement il est bon d'opérer sur un nerf frais et un cœur en excellent état, car sinon on ne parvient qu'à diminuer la fibrillation.

Je ne me suis guère servi de la méthode graphique pour constater ce phénomène, l'appareil inscripteur des mouvements de l'oreillette n'étant pas assez sensible.

L'inspection et la palpation m'ont renseigné à cet égard.

IV. — *Influence de l'excitation du nerf pneumogastrique sur la fibrillation du ventricule.*

L'influence est absolument nulle. On ne parvient même pas à diminuer dans une certaine mesure les fibrillations.

Remarque. — Si on excite directement par l'électricité un point quelconque d'une oreillette ou d'un ventricule fibrillants, on parvient à faire disparaître complètement la fibrillation au point de contact des électrodes et même dans les parties avoisinantes.

Sitôt qu'on enlève les électrodes, la fibrillation recommence. L'étendue de la région où cesse la fibrillation est en rapport avec l'intensité du courant.

V. — *Influence de l'excitation du nerf pneumogastrique sur la pulsation du ventricule pendant la fibrillation de l'oreillette.*

Nous avons vu qu'on pouvait arrêter ou diminuer la fibrillation de l'oreillette par l'excitation du nerf pneumogastrique.

Nous avons vu, de plus, les effets de la fibrillation de l'oreillette sur le ventricule.

Si nous supprimons momentanément la fibrillation de l'oreillette par l'excitation du nerf pneumogastrique, nous devrions arrêter les effets de la fibrillation sur le ventricule.

Or nous constatons que si, au lieu de nous servir d'un courant fort, capable d'arrêter la fibrillation des oreillettes, nous nous servons d'un courant faible, qui ne fait que diminuer la fibrillation, cette fibrillation n'a plus d'effet sur le ventricule et les pulsations de celui-ci sont *égales et plus énergiques*, non pas seulement que les pulsations du ventricule pendant la fibrillation de l'oreillette, mais même que les pulsations normales. De plus, cette *accélération*, qui se produisait dans le ventricule sous l'influence de la fibrillation, n'existe plus.

On peut observer de la sorte, pendant l'excitation peu intense du nerf pneumogastrique, une série de pulsations égales, lentes et énergiques, qui, après cessation de l'excitation du nerf pneumogastrique, font place aux pulsations irrégulières et fréquentes dues à la fibrillation. Cependant ces pulsations n'atteignent pas directement leur maximum de fréquence et d'irrégularité; l'effet de l'excitation du nerf pneumogastrique se fait ressentir pendant un petit temps encore.

Conclusion.

1° L'excitation du nerf pneumogastrique pendant la fibrillation de l'oreillette régularise le rythme du ventricule.

2° Elle régularise le rythme du ventricule malgré l'existence d'une fibrillation, à l'état amoindri.

• • • • •
 Cette influence de l'excitation du nerf pneumogastrique sur le rythme du ventricule est encore mieux marquée si l'on excite le nerf pneumogastrique au moyen d'un courant électrique intense, capable d'arrêter la fibrillation de l'oreillette.

Dans ce cas, on constate, pendant l'excitation, un arrêt du cœur tant du côté de l'oreillette que du côté du ventricule; après l'excitation, l'oreillette reprend peu à peu sa fibrillation; le ventricule, lui, présente d'abord quelques pulsations lentes, égales et très énergiques, comme celles qui sont représentées dans le graphique n° III, 3. Puis l'énergie de ses pulsations tombe, mais celles-ci restent égales et assez lentes pendant un temps assez long, puis sont remplacées par les pulsations fréquentes et irrégulières qui se produisent pendant la fibrillation de l'oreillette.

Comme phénomènes accessoires, nous voyons que l'influence du nerf pneumogastrique ne se fait pas sentir immédiatement sur la fibrillation de l'oreillette et sur l'effet de ces fibrillations sur le ventricule. Cette période latente ne dure cependant que le temps de deux à trois pulsations.

Dans le graphique n° III, je représente les principaux phénomènes ci-dessus énumérés.

Je n'ai pas reproduit tout le tracé, parce que sur une partie de son trajet il représentait des phases identiques à celles que je figure.

Dans une première partie, je montre l'influence de la fibrillation sur le ventricule en excitant en A l'oreillette.

Dans une deuxième partie, j'excite le pneumogastrique en B au moyen d'un courant fort : on y voit se produire l'arrêt du ventricule.

Dans une troisième partie, j'excite le pneumogastrique en B' au moyen d'un courant faible : on y voit se produire la régularité et l'énergie des pulsations ventriculaires pendant l'excitation et leur remplacement par des pulsations devenant peu à peu irrégulières et fréquentes quand cesse l'excitation.

Dans une quatrième partie, je reproduis les tracés de pulsations normales de l'oreillette et de la carotide, l'oreillette étant revenue de ses fibrillations. Je mets en garde contre le tracé de la fibrillation de l'oreillette pendant l'excitation du nerf pneumogastrique. On pourrait croire, en effet, à l'absence de trémulations fibrillaires; il n'en est rien : le procédé d'inscription n'a pas été assez rigoureux pour inscrire des fibrillations que j'ai vues.

VI. — *Influence de l'excitation du nerf pneumogastrique sur les pulsations de l'oreillette pendant la fibrillation du ventricule.*

Les pulsations qui se produisent dans l'oreillette pendant la fibrillation du ventricule peuvent être arrêtées ou diminuées par l'excitation forte ou faible du nerf pneumogastrique.

Remarque. — Les effets de la fibrillation du ventricule sur les pulsations de l'oreillette sont les mêmes après la section des nerfs pneumogastriques.

ANNEXE.

I.

Dans le tome XXXVI, page 181, des *Archives italiennes de biologie*, Onimus considère le nerf pneumogastrique non comme nerf modérateur du cœur, mais comme nerf moteur. Lorsque, dit-il, au lieu d'employer un courant électrique ordinaire, on se sert d'un courant électrique dont le nombre des intermittences se rapproche de celui du cœur, l'électrisation du pneumogastrique, loin d'exciter le cœur, provoque des contractions, et celles-ci finissent par devenir isochrones aux excitations du nerf. Selon lui, ce qui fait qu'on a considéré le nerf pneumogastrique comme nerf modérateur, c'est qu'on a toujours employé des courants dont les excitations se succédaient avec rapidité et que c'est plutôt le nombre d'excitations que l'énergie de l'excitant qui a une influence.

J'ai fait des recherches également dans ce sens, et ai trouvé que le nerf pneumogastrique est bien un nerf modérateur et non un nerf moteur, malgré l'opinion d'Onimus.

Voici comment j'ai opéré :

J'introduis un sphygmoscope dans la carotide qui me donnera l'inscription des pulsations venant du ventricule.

J'excite le nerf pneumogastrique au moyen de chocs d'induction d'intensité variable.

Je règle le nombre de ces chocs au moyen d'un métro-
nome.

L'intensité, selon Onimus, n'ayant que peu d'importance, je me suis surtout attaché à donner le *même nombre* d'excitations en un temps donné au pneumogastrique que celui des pulsations du cœur en ce même temps; ou bien, j'ai pris un *nombre supérieur* d'excitations au nombre de pulsations, et dans les deux cas je n'ai fait que modérer le nombre des pulsations, loin de les rendre isochrones au nombre d'excitations, ou d'accélérer le nombre de pulsations.

Voici d'ailleurs mes résultats :

Première expérience.

Durée : deux minutes d'excitation.

Avant l'excitation : 13 pulsations (en cinq secondes).

Après l'excitation : 8 pulsations (en cinq secondes). Après avoir fait agir un courant induit dont le nombre des intermittences égalait 15, et dont l'intensité correspondait au trait 9 de la règle du chariot de Du Bois-Reymond.

Deuxième expérience.

Durée : six minutes.

Avant l'excitation : 13 pulsations.

Après l'excitation : 7 pulsations.

Nombre des intermittences : 16.

Intensité du courant : 8.

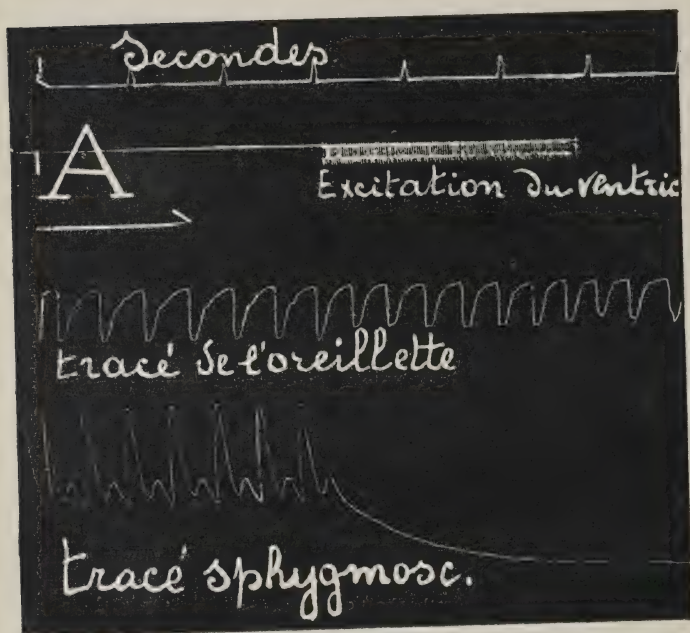
Troisième expérience.

Avant l'excitation : 13 pulsations.

Après l'excitation : 5, 6, 7 pulsations.

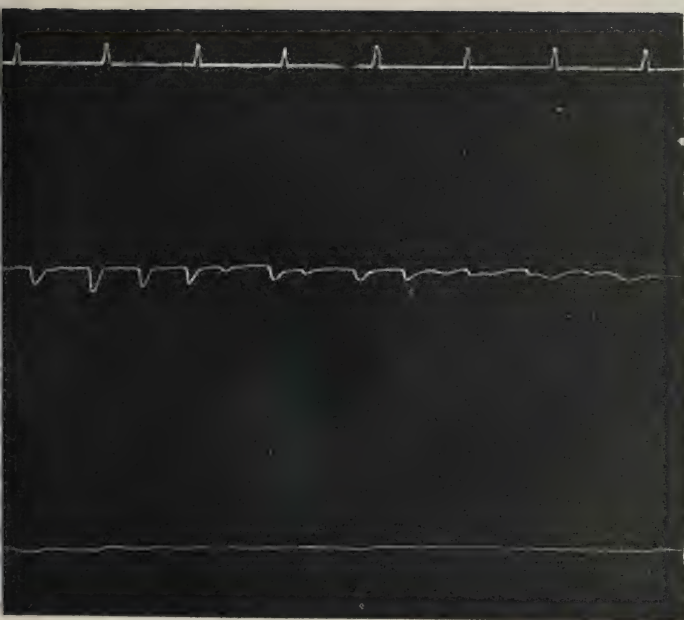
Nombre des intermittences : 16.

Intensité de l'excitant : n° 5.



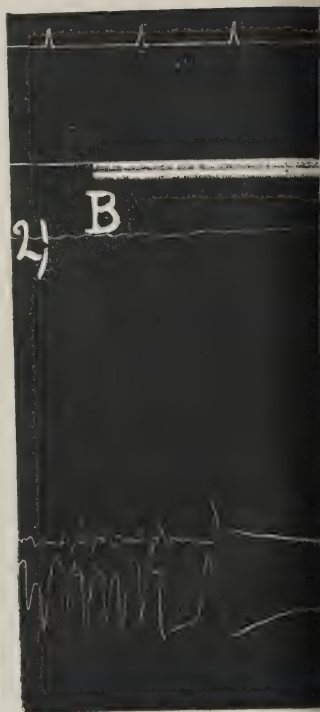
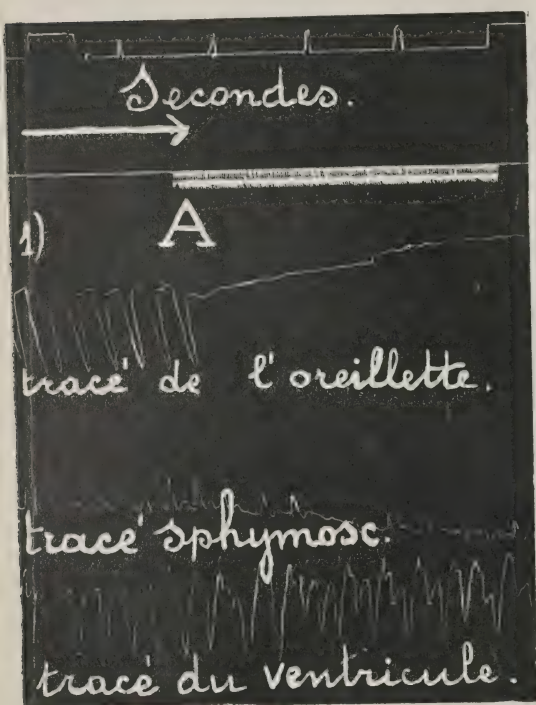
GRAPHIQUE N° II. — Influence de la fibrillation du

A. — Début de l'expérience.



icule sur les pulsations de l'oreillette.

B. — Fin de l'expérience.



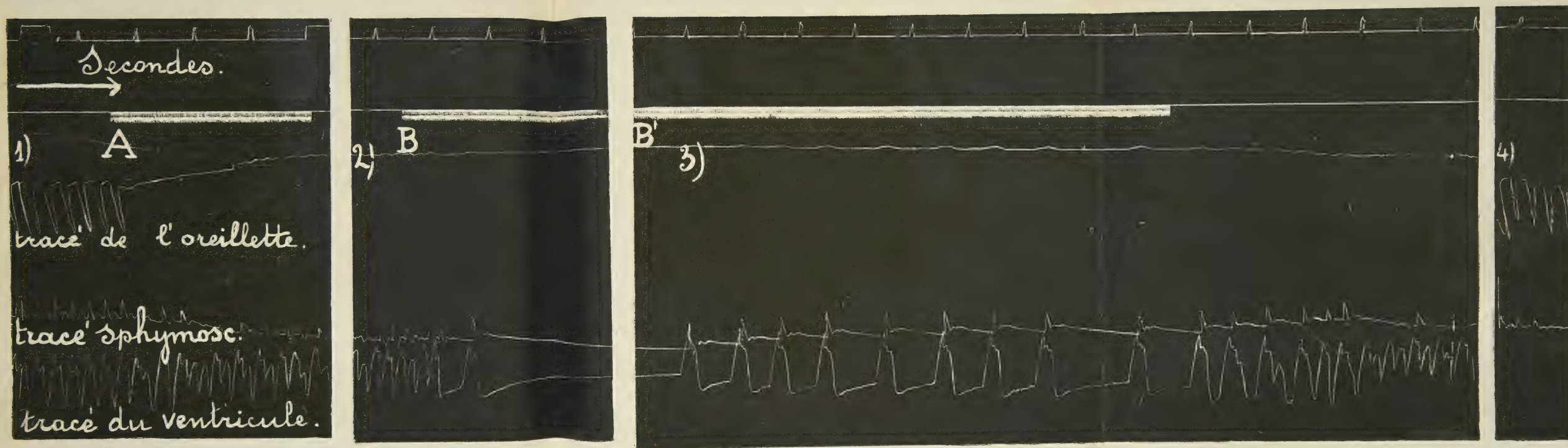
GRAPHIQUE N° III. — Influence de

A. — Excitation de l'oreillette.

B. — Excitation du nerf pneumogastrique par un courant intense.

B'. — Excitation du nerf pneumogastrique par un courant faible.

cation



GRAPHIQUE N° III. — Influence de l'excitation du nerf pneumogastrique sur les pulsations du ventricule pendant la fibrillation de l'oreillette.

A. — Excitation de l'oreillette.

B. — Excitation du nerf pneumogastrique par un courant intense.

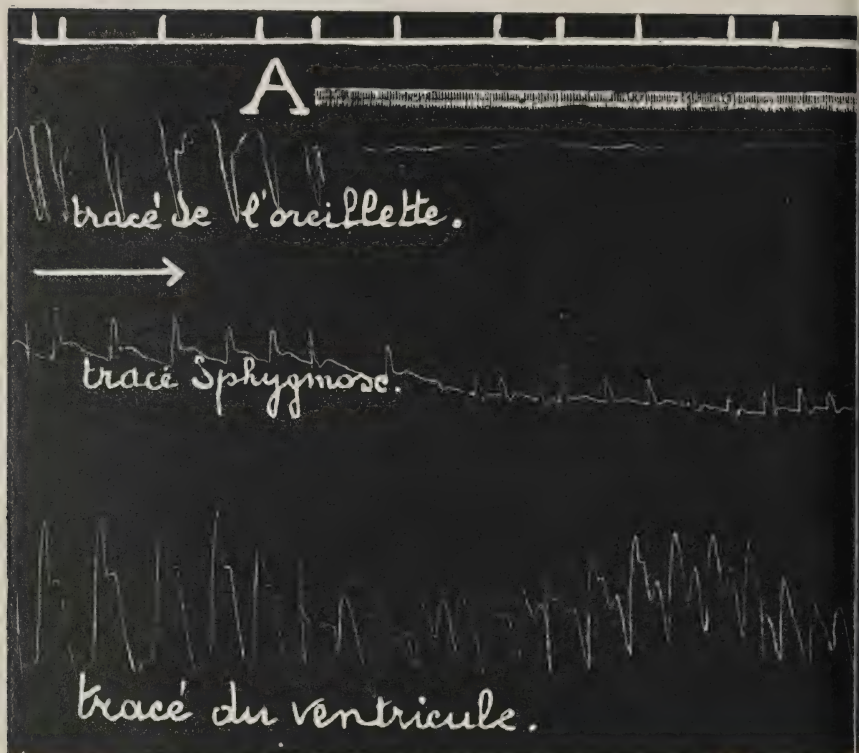
B'. — Excitation du nerf pneumogastrique par un courant faible.

1) Tracé des pulsations ventriculaires sous l'influence de la fibrillation des oreillettes.

2) Tracé des pulsations ventriculaires sous l'influence de la fibrillation des oreillettes, pendant excitation forte du nerf pneumogastrique.

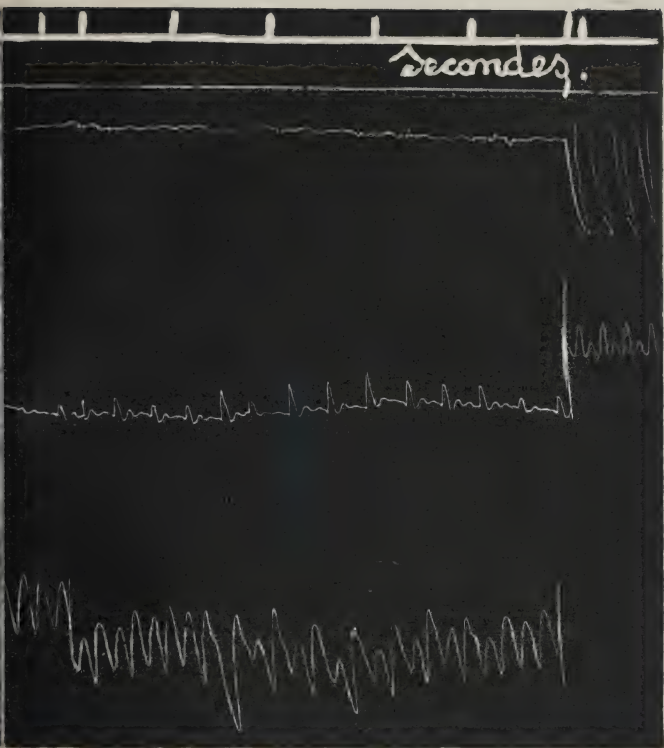
3) Tracé des pulsations ventriculaires sous l'influence de la fibrillation des oreillettes, pendant excitation faible du nerf pneumogastrique.

4) Tracé normal.



GRAPHIQUE N° 1. — Influence de la fibrillation de l'oreillette sur le ventricule.

A. — Excitation de l'oreillette par m...



tte sur les pulsations du ventricule.

rant électrique.

Quatrième expérience.

Avant l'excitation : 14 pulsations.

Après l'excitation : 4 pulsations.

Nombre des intermittences : 20.

Excitant : 0.

Cinquième expérience.

Avant l'excitation : 14 pulsations.

Après l'excitation : 11 pulsations.

Nombre des intermittences : 20.

Excitant : n° 15.

Donc, dans tous les cas, il se produit un ralentissement des pulsations cardiaques. De plus, ce ralentissement est surtout influencé par l'intensité et non par le nombre des intermittences du courant.

CONCLUSIONS.

1° La fibrillation de l'oreillette rend le rythme du ventricule irrégulier, inégal, fréquent, tandis que la fibrillation du ventricule agit à peine sur la fréquence et l'énergie de l'oreillette, mais ne rend pas son rythme irrégulier.

2° Le nerf pneumogastrique agit différemment sur l'oreillette et sur le ventricule.

a) Il arrête la fibrillation de l'oreillette et non celle du ventricule;

b) Il rétablit le rythme du ventricule pendant la fibrillation de l'oreillette.

Il agit alors sur le ventricule et non sur l'oreillette.

5° Le nerf pneumogastrique est un nerf modérateur du cœur.

—

Tracé myographique du cœur du lapin isolé, nourri au moyen du liquide de Locke; par Jean Derouaux, étudiant en médecine à l'Université de Liège.

Marey (1) admet que la contraction ventriculaire du cœur du lapin est une secousse simple. Pour lui, le graphique représente une colline à sommet unique, dont la ligne de descente est plus longue que celle d'ascension.

La variation négative serait également unique, se manifestant au début de la contraction.

L'existence d'une période latente entre le moment de l'excitation et de la contraction, et la présence d'une onde musculaire, tendraient aussi à prouver que l'on a affaire à une secousse simple et non pas à un tétanos incomplet.

Les ondulations que présente d'ordinaire le tracé de la contraction ventriculaire seraient dues à la présence du sang dans les ventricules et à des réactions hydrauliques exercées par la colonne liquide artérielle sur le contenu du ventricule.

Léon Fredericq (2) a démontré sur le cœur du chien que les ondulations persistaient après ligature ou section des gros vaisseaux artériels et ligature des veines caves et azygos. De plus (3), le phénomène électrique ne serait

(1) MAREY, *La circulation du sang*, p. 32.

(2) LÉON FREDERICQ, *La pulsation du cœur chez le chien*, pp. 91-95 (TRAVAUX DU LABORATOIRE DE L'INSTITUT DE PHYSIOLOGIE DE LIÈGE, 1887-1888).

(3) *Ouvrage cité*, p. 161. Voir planches I et II.

pas unique, mais il y aurait pour le muscle cardiaque fusion de plusieurs phénomènes électriques élémentaires, comme il y a fusion de plusieurs secousses élémentaires.

Waroux (1) a démontré que le tracé myographique du cœur du chien exsangue présentait une forme trapézoïde à plateau plus ou moins ondulé. L'arrêt de circulation dans les coronaires ou le passage de sang empoisonné par CO_2 transforment le tracé primitif en un tracé de secousses simples (2).

L'existence d'une période latente et d'une onde musculaire ne prouve pas que l'on ait affaire à une secousse simple ; ces deux phénomènes peuvent se présenter dans le tétanos.

La contraction du cœur du lapin extrait rapidement du corps a donné à Léon Fredericq une courbe à plusieurs dentelures (3).

Waroux (4), en faisant circuler, dans les coronaires d'un cœur de lapin, du sang de cheval étendu d'un volume égal de solution physiologique à 9 ‰, est parvenu trois fois sur cinq à produire des contractions, et il publie un tracé où l'on peut voir la forme trapézoïde.

En 1900, Locke (5) publia la composition d'un liquide

(1) WAROUX, *Du tracé myographique du cœur exsangue* (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, 3^e sér., t. XXXV, n^o 2, p. 222, 1898).

(2) ID., *Ibid.*, deuxième note (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, 3^e sér., t. XXXVI, n^o 7, 1898, p. 65).

(3) *Ouvrage cité*, p. 98.

(4) WAROUX, *Du tracé myographique du cœur exsangue*, deuxième note (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, 3^e sér., t. XXXVI, p. 71).

(5) LOCKE, *Die Wirkung der Metalle des Blutplasmas und verschiedener Zucker auf das isolirte Säugethierherz* (CENTRALBLATT FÜR PHYSIOLOGIE, Bd XIV, S. 670).

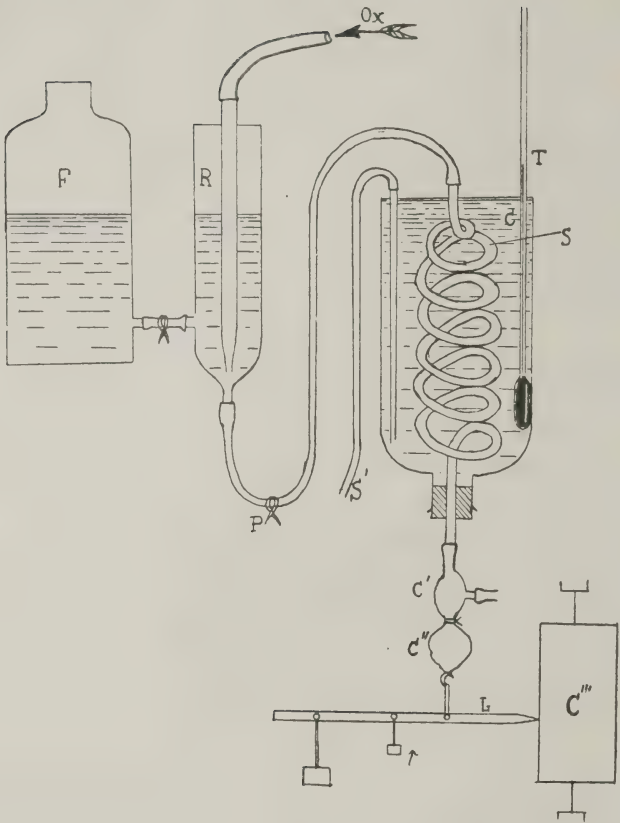


FIG. 1. — Appareil pour la circulation du liquide de Locke. — F, bouteille contenant le liquide. — R, récipient où le liquide se sature d'oxygène. — P, pince permettant d'interrompre la circulation. — S, serpentin. — S', siphon. — T, thermomètre. — C, cuve contenant l'eau chauffée. — C', canule. — C'', cœur. — L, levier myographique. — p, poids. — C''', cylindre enregistreur.

à l'aide duquel il était parvenu à faire battre vigoureusement un cœur de lapin pendant un jour entier. Ce liquide comprend CaCl_2 0.024 %, KCl 0.042 %, NaCl 0.9 à 1 %, NaHCO_3 0.01 à 0.05 %, mais ce qu'il y avait de spécial était la dextrose 0.1 % et surtout la saturation du liquide d'oxygène.

Locke (1) recommande d'éviter les traces des métaux et surtout de cuivre dans l'eau distillée.

Cette découverte d'un liquide nutritif convenable nous a engagé à rechercher de nouveau la forme de la contraction cardiaque chez le lapin et les modifications qu'elle subit sous diverses influences.

Procédé opératoire. — L'appareil (fig. 1) comprend une bouteille F contenant le liquide. Celle-ci communique par une tubulure latérale avec un récipient plus étroit R, où plonge le tube amenant l'oxygène. Ce récipient est relié par un tube en caoutchouc à un serpentín S, plongeant dans une cuve d'eau C, dont la température est maintenue entre 30° et 40°. Une canule C' munie d'une tubulure latérale se fixe à l'extrémité inférieure du serpentín.

On saigne le lapin par une carotide, on ouvre la poitrine et fixe la canule dans l'aorte après avoir lié les gros troncs qui en partent; on sépare le cœur et l'on fixe la canule à l'appareil. On ouvre la pince P et on laisse s'écouler par la tubulure latérale de la canule un peu de liquide qui entraîne les bulles d'air qui seraient restées dans le serpentín.

(1) LOCKE, *Centralblatt für Physiologie*, Bd XV, 1901, S. 537.

Un levier myographique L est attaché à l'aide d'un crochet à la pointe du cœur C''. Le levier se meut autour d'un axe horizontal et inscrit verticalement sur un cylindre enregistreur de Ludwig C'''. L'extension se fait à l'aide d'un poids de 5 à 10 grammes.

A ce moment, le liquide de Locke commence à circuler et, quelques minutes après, le cœur se met à battre.

Les contractions sont fortes et régulières dès le début, parfois d'abord irrégulières. Dans ce dernier cas, les contractions sont des plus variables : contractions simples ou se greffant les unes sur les autres, ou encore à sommet ondulé, contractions fortes et faibles. Après quelques minutes, le cœur se contracte vigoureusement et d'une façon régulière.

Le tracé de la contraction (fig. 2, 3, 4, 5) montre alors une ligne d'ascension verticale; puis, suivant les cas, deux, trois, quatre ondulations; enfin, une ligne de descente, elle aussi presque verticale.

Les graphiques rappellent donc les tracés cardiographiques recueillis sur le cœur *in situ* et fonctionnant comme moteur du sang. Comme les cavités du cœur sont vides, les ondulations du plateau systolique ne peuvent être attribuées à des ondes provenant du mouvement du sang : elles doivent dépendre de la forme même de la contraction du muscle cardiaque. C'est un graphique musculaire pur, rappelant un tétanos plus ou moins complet, mais ne correspondant pas à celui d'une secousse simple. C'est un résultat constant. Nous pouvons en déduire que la contraction cardiaque chez le lapin, quand le cœur se contracte vigoureusement, est un tétanos incomplet.

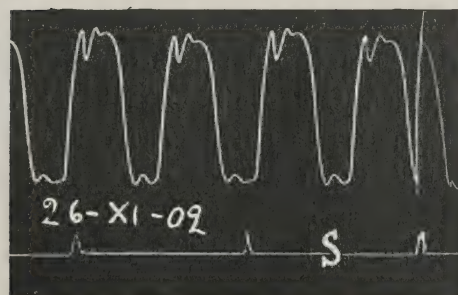
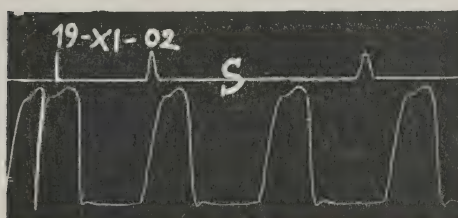
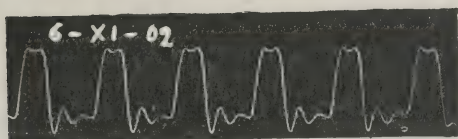
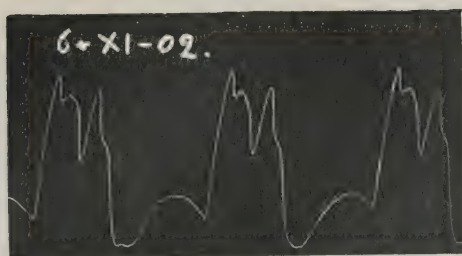


FIG. 2, 3, 4, 5. — Tracés myographiques du cœur de lapin isolé, nourri au moyen du liquide de Locke saturé d'oxygène. — S = secondes.

Voyons à présent ce que deviendront les contractions si nous arrêtons toute circulation, ou si nous supprimons l'oxygène, ou encore si nous remplaçons celui-ci par CO_2 .

1° *Arrêt de la circulation.* — Quand on arrête la circulation en plaçant une pince P sur le tube en caoutchouc reliant le récipient au serpentin, on voit, le plus souvent, la suppression graduelle des ondulations s'opérer, et cela très rapidement (en 5 secondes à 1 1/2 minute). Les pulsations restent fortes et de même fréquence, mais le sommet devient simple (fig. 6, 7, 8).

Puis les contractions diminuent de hauteur et de fréquence, la ligne de descente devient plus longue que celle d'ascension et progressivement le cœur s'arrête.

Lorsqu'on rétablit la circulation, les contractions redeviennent normales après une demi-minute à deux minutes au plus.

D'autres fois, surtout quand le cœur se contractait moins énergiquement, l'arrêt de circulation produisait, au début, une sorte d'excitation : les contractions devenaient plus fortes avec ondulations très bien marquées. Puis, graduellement, les contractions diminuaient de fréquence et d'amplitude, montrant toujours les ondulations ; enfin, après deux à trois minutes d'arrêt, on obtenait une secousse musculaire simple.

Dans quelques expériences, l'arrêt de circulation a provoqué une alternance : une pulsation forte suivie d'une pulsation plus faible. Léon Fredericq a aussi remarqué une alternance sur les dernières pulsations du

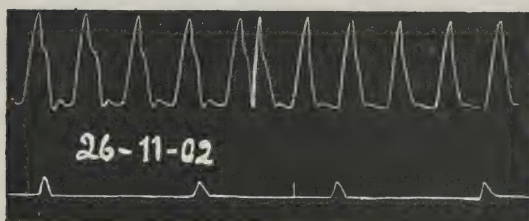
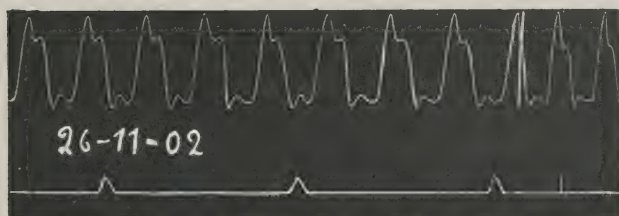
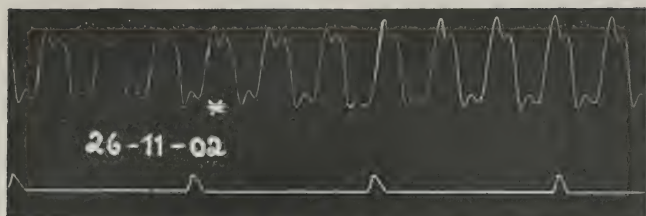


FIG. 6, 7, 8. — Tracés myographiques du cœur de lapin isolé
nourri au moyen du liquide de Locke.
En * on arrête la circulation.

cœur du lapin (1). Kuliabko (2) a obtenu une alternance (dicrotisme) par l'arrêt de circulation et sous l'influence du froid.

Mais ce que nous avons observé d'intéressant dans nos expériences, c'est que la contraction la plus faible perd presque immédiatement ses ondulations, alors que l'autre les conserve assez longtemps. Enfin, celle-ci devient simple à son tour, mais l'alternance persiste.

La circulation ramène rapidement les contractions normales en repassant plus ou moins par les stades précités.

Dans les expériences où le cœur se contracte faiblement et irrégulièrement, le tracé myographique montre des groupes de pulsations simples, d'autres avec ondulations. Dans ces cas, la circulation se faisait mal; la quantité de liquide passant par les coronaires et s'écoulant par les veines était de deux tiers inférieure à celle recueillie pendant les expériences précédentes de même durée. Ici nous pouvons attribuer les anomalies de la contraction à ce défaut de circulation.

2° *Diminution de l'apport d'oxygène.* — Empêchons à présent la venue de l'oxygène et laissons s'écouler par la tubulure latérale de la canule le liquide saturé d'oxygène contenu dans le serpentin et le second récipient. De cette façon, nous faisons circuler dans le cœur un liquide pauvre en oxygène.

(1) *Ouvrage cité*, p. 104.

(2) KULIABKO, *Studien über die Wiederbelebung des Herzen* (PFLÜGER'S ARCH., Bd XC, 1902, S. 461).

On voit alors la contraction cardiaque diminuer progressivement de hauteur, tout en conservant les ondulations.

Celles-ci persistent parfois jusqu'à l'arrêt du cœur; d'autres fois, les ondulations disparaissent, mais toujours après un temps assez long (dix, trente, quarante-cinq minutes et plus). Les pulsations sont alors petites, à sommet arrondi et simple, diminuées de fréquence (fig. 9, 10, 11, 12, 13, 14).

Dans d'autres cas, l'arrêt de l'oxygène supprime seulement les ondulations sur certaines pulsations (pulsations irrégulières). Si l'on fait de nouveau circuler l'oxygène (en ayant soin de laisser s'écouler le liquide non saturé par la tubulure latérale), les contractions redeviennent normales avec ondulations après dix minutes environ.

Donc l'oxygène est un élément nécessaire; sa diminution intervient surtout pour réduire la hauteur de la contraction.

5° *Action de CO₂*. — Si nous remplaçons l'oxygène par CO₂, le tracé de la contraction primitivement ondulé deviendra progressivement simple. Constamment le CO₂ provoque une alternance (comme pour l'arrêt de circulation dans certaines expériences). D'abord (fig. 15, 16, 17) une contraction forte avec ondulations, une seconde plus faible et simple. Puis les ondulations disparaissent progressivement, les deux pulsations devenant simples; enfin les pulsations diminuent de hauteur et peuvent s'arrêter. Pendant ces modifications, la fréquence des contractions diminue; l'alternance persiste jusqu'à l'arrêt du cœur.

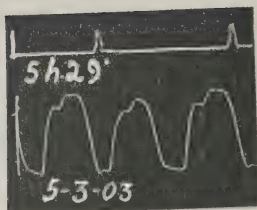


FIG. 9. — Tracé myographique du cœur de lapin isolé. Avant l'arrêt de l'oxygène.

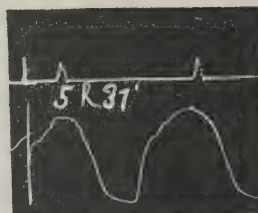


FIG. 10. — Même cœur. Une minute après l'arrêt de l'oxygène.

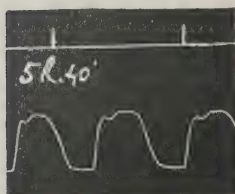


FIG. 11. — Même cœur. Dix minutes après l'arrêt de l'oxygène.

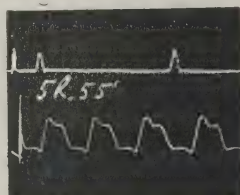


FIG. 12. — Même cœur. Vingt-cinq minutes après l'arrêt de l'oxygène.

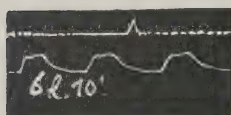


FIG. 13. — Même cœur. Quarante minutes après l'arrêt de l'oxygène.

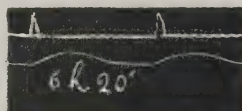


FIG. 14. — Même cœur. Cinquante minutes après l'arrêt de l'oxygène.

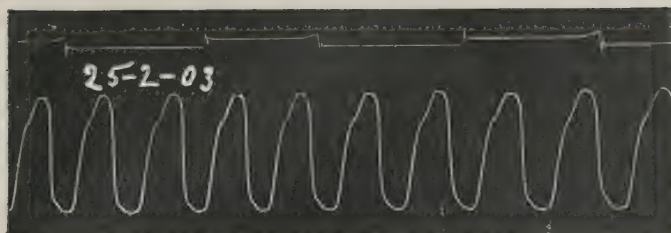


FIG. 15. — Tracé myographique du cœur de lapin isolé, nourri au moyen du liquide de Locke saturé d'oxygène.

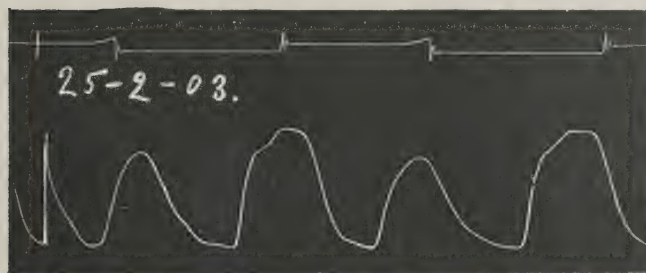


FIG. 16. — Même cœur. Depuis une demi-minute, l'oxygène a été remplacé par CO_2 .

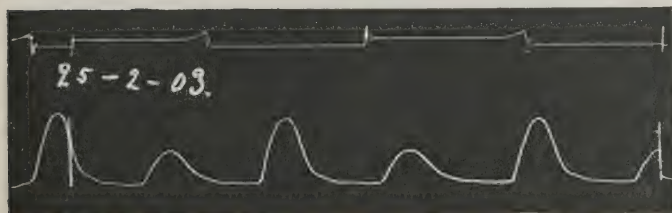


FIG. 17. — Même cœur. Depuis deux minutes et demie, l'oxygène a été remplacé par CO_2 .

Très souvent, au début de son passage à travers les coronaires, le CO_2 semble produire une excitation qui provoque des contractions plus fortes.

La circulation du liquide saturé d'oxygène ramène rapidement (en deux à trois minutes) les contractions normales. Parfois cependant, une alternance ne portant plus que sur la hauteur de la courbe persiste pendant assez longtemps.

Le CO_2 produit donc d'abord une excitation, ensuite une intoxication du cœur, d'où résultent des contractions anormales.

Nous avons obtenu des résultats identiques en prenant le tracé de l'épaississement cardiaque au lieu du tracé de raccourcissement dont il a été question plus haut.

Les poids employés pour pratiquer l'extension ne semblent modifier que la hauteur de la courbe, la forme générale du tracé restant la même.

A l'aide du liquide de Locke, nous sommes parvenu deux fois à faire battre des cœurs de chien (dans la moitié des cas).

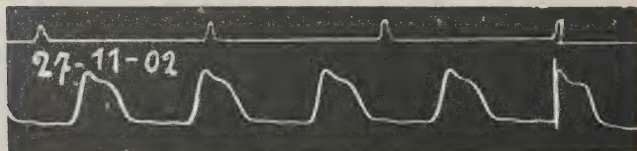


FIG. 18. — Tracé myographique du cœur de chien isolé, nourri au moyen du liquide de Locke saturé d'oxygène.

Les tracés obtenus (fig. 18, 19) montrent une contrac-

tion vigoureuse avec ondulations. L'arrêt de circulation provoque en vingt secondes une secousse simple; en rétablissant la circulation, la contraction redevient normale en quelques secondes.

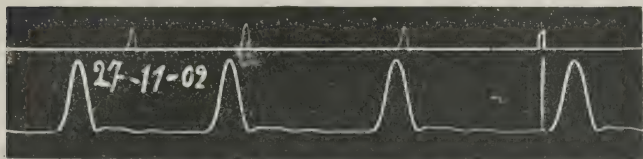


FIG. 19. — Même cœur. Vingt-cinq secondes après l'arrêt de circulation.

Conclusions. — Le graphique de la contraction du muscle cardiaque du lapin (nourri au moyen du liquide de Locke) fonctionnant à vide, présente un plateau systolique ondulé rappelant un graphique de téтанos musculaire incomplet. Ce graphique de contraction ne prend les apparences d'une secousse simple que dans de mauvaises conditions de circulation et de nutrition.

Travail du laboratoire de physiologie
de l'Université de Liège.

ÉLECTION.

La Classe procède à l'élection de son délégué auprès de la Commission administrative pour l'année 1905-1904.
— M. le général De Tilly est élu en remplacement de M. Crépin, décédé.

COMITÉ SECRET.

La Classe arrête définitivement la liste de présentation des candidatures pour la place d'associé vacante.

OUVRAGES PRÉSENTÉS.

Henry (Louis). Charles de la Vallée Poussin. Bruxelles, 1903; extr. in-8° (27 p.).

Lancaster (Albert). Le climat de la Belgique en 1901. Bruxelles, 1903; in-12 (191 p., planches).

— Constantes et éphémérides météorologiques et naturelles de Bruxelles-Uccle. Bruxelles, 1903; in-12 (38 p. et 1 planche).

— La force du vent en Belgique. Bruxelles, 1903; in-12 (154 p.).

Laurent (Émile). De l'action interne du sulfate de cuivre dans la résistance de la pomme de terre au *Phytophthora infestans*. Paris, 1902; extr. in-4° (3 p.).

— Expériences sur la durée du pouvoir germinatif des graines conservées dans le vide. Paris, 1902; extr. in-4° (4 p.).

Laurent (Émile). Sur le pouvoir germinatif des graines exposées à la lumière solaire. Paris, 1902; extr. in-4° (4 p.).

Ertborn (le baron O. van). Les dépôts quaternaires de la Belgique et leurs faunes. Causerie géologico-paléontologique. Bruxelles, 1903; extr. in-8° (16 p. avec 1 planche).

— Le système pliocène en Belgique. L'âge vrai du Moséen, étage amstelo-moséen. Bruxelles, 1903; in-8° (7 p.).

— Le bassin houiller de la Campine. Paris, 1903; extr. in-8° (5 p.).

Marchal (Émile). Recherches sur la rouille des céréales. Résultat d'une enquête en Belgique. Bruxelles, 1903; extr. in-8° (40 p.).

— Rapport sur les observations effectuées en 1902 dans le service phytopathologique de l'Institut agricole de l'État à Gembloux. Bruxelles, 1903; extr. in-8° (14 p.).

Ministère de l'Industrie et du Travail. Service géologique de Belgique. Bibliographia geologica, par Michel Murlon et G. Simoens, série A, tomes V et VI.

Mons. Société des sciences, des arts et des lettres. Mémoires, 54^e volume, 1902.

ALLEMAGNE ET AUTRICHE-HONGRIE.

BERLIN. *Centralbureau der internationalen Erdmessung*. Resultate des Breitendienstes, Band I (Th. Albrecht). 1903; in-4°.

VIENNE. *K. k. Naturhistorisches Hofmuseum*. Annalen, Band XVI und XVII, 1901-1902.

PRAGUE. *Société mathématique*. Casopis pro pestovani matematiky a fysiky, tomes VI et VII. 1902.

AMÉRIQUE.

Balch (Thomas Willing). The Alaska Frontier. Philadelphie, 1903; in-8° (198 p.).

Hamilton (S. Herbert). Minerals from Santiago, Providence, Cuba. Philadelphie, 1902; extr. in-8° (6 p.).

BOULDER, COLORADO. *University*. Quarto-centennial celebration, 1902. In-8°.

MADISON. *Washburn Observatory*. Publications, volume XI, 1902; in-4°.

WASHINGTON. *U. S. National Museum*. Proceedings, volume XXIV, 1902.

— *U. S. Department of Agriculture*. Report of the Chief of the Weather Bureau, 1901-1902. In-4°.

NEW YORK. *Museum of Natural history*. Bulletin, vol. XVI, 1902. Memoirs, vol. V.

FRANCE.

Duhem (Pierre). Recherches sur l'hydrodynamique, 1^{re} série : Principes fondamentaux de l'hydrodynamique. Propagation des discontinuités, des ondes et des quasi-ondes. Paris, 1903; in-4° (210 p.).

Ocagne (Maurice d'). Exposé synthétique des principes fondamentaux de la nomographie. Paris, 1903; in-4° (63 p.).

Décombe (L.). La compressibilité des gaz réels. Paris, 1903; in-12.

PARIS. *Ministère de l'Instruction publique*. Carte photographique du Ciel. Zone — 1, feuilles 86, 90, 119, 174; zone + 1, feuilles 72, 85, 98, 105, 118, 121, 159; zone + 3, feuilles 45, 98, 121, 126, 159, 164, 166; zone + 5, feuilles 6, 18; zone + 7, feuilles 6, 19; zone + 9, feuilles 5, 17;

zone +16, feuilles 88, 89, 95, 138, 144; zone +22, feuilles 25, 57, 113; zone +24, feuille 45.

— *Bulletin scientifique* (A. Giard), t. XXXVI, 1902.

— *Société zoologique*. Bulletin, 1902, tome XXVII.

ROUEN. *Société des Amis des sciences naturelles*. Bulletin, 1901.

CAEN. *Société linnéenne*. Bulletin, 1901.

DIJON. *Académie des sciences*. Mémoires, t. VIII, 1901-1902.

BESANÇON. *Société d'émulation*. Mémoires, 1901.

REIMS. *Académie de Reims*. Travaux, volumes 105 à 109, 1898-1901.

ITALIE.

Borredon (Giuseppe). *La Luna e la sorgente fisica del freddo*. Naples, 1902; extr. in-8° (8 p.).

— *La legge del sistema planetario o l'armonia del moto dei suoi corpi*. Naples, 1903; in-8° (7 p.).

— *Dell' attrazione planetaria, forza centripeta o gravitazione universale*. Naples, 1903; in-8° (8 p.).

ACIREALE. *R. Accademia di scienze, lettere e arti*. Memorie, vol. I, 1901-1902.

BOLOGNE. *R. Accademia delle scienze*. Memorie, tomo VIII, 1899-1900. In-4°. — *Rendiconto*, vol. IV, 1900.

ROME. *Società italiana delle scienze*. Memorie, tomo XII, 1902. In-4°.

PALERME. *Reale Accademia*. Atti, vol. VI, 1902. In-4°.

MILAN. *Reale Istituto Lombardo di scienze e lettere*. Rendiconti, vol. XXXV, 1902.

— *Indice generale dei lavori dal 1889 al 1900*. 1902.

MODENE. *Regia Accademia*. Memorie, III, 1901. In-4°.

NAPLES. *Zoologische Station*. Autorenregister zu den Jahresberichten für 1891-1900. 1903.

PAYS DIVERS.

Ahlenius (Karl). Angermanälf vens Flodområde. En geomorfologisk anthropogeografisk Undersökning. Upsal, 1903. In-8° (xii-220 p.).

Willcocks (Sir William). The restoration of the ancient irrigation works on the Tigris or the re-creation of Chaldea. Le Caire, 1903. In-8° (71 p.).

BELGRADE. *Académie royale de Serbie*. Carte de la Macédoine. Belgrade, 1902; atlas in-plano de 10 feuilles.

STOCKHOLM. *Kongl. Vetenskaps-Akademien Ofversigt*, 1902. — Observations météorologiques, 1898 et 1899. — Astronomiska iakttagelser och Undersökningar, Bandet VII, 1903. In-4°.

COPENHAGUE. *Meteorological Institut*. Nautical-meteorological annual, 1902. In-4°.

Carte géologique internationale de l'Europe au 1/150,000°, 4^e livraison. Berlin, 1902; 7 feuilles in-plano.



BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1903. — N° 6.

CLASSE DES SCIENCES.

Séance du 6 juin 1903.

M. P. MANSION, directeur, président de l'Académie.

M. le chevalier EDMOND MARCHAL, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. L. Fredericq, *vice-directeur* ;
G. Dewalque, C. Malaise, F. Folie, Ch. Van Bambeke,
G. Van der Mensbrugghe, W. Spring, M. Mourlon,
P. De Heen, C. Le Paige, J. Deruyts, J.-B. Masius,
J. Neuberg, A. Lancaster, Julien Fraipont, *membres* ;
M. Delacre, Pol. Francotte, P. Pelseneer, Émile Lau-
rent, J. Massau et Aug. Lameere, *correspondants*.

MM. Ch. Lagrange et L. Errera ont motivé leur absence.

CORRESPONDANCE.

MM. Henri et C. Crépin, frères, remercient la Classe pour le souvenir ému, disent-ils, dont leur frère François a été l'objet dans la séance du 5 mai dernier. Notre frère, ajoutent-ils, considérait comme le principal honneur de sa vie d'avoir appartenu au premier corps savant du pays, et il professait, tant pour l'Académie que pour ses membres, un inaltérable dévouement.

M. Errera, en raison des liens d'amitié particuliers qui l'unissaient à François Crépin, sera prié d'écrire sa notice biographique pour l'*Annuaire*.

— M. Malaise accepte d'écrire pour le même recueil la notice biographique de Ch. de la Vallée Poussin.

— M. le Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique transmet un exemplaire du programme de la deuxième Conférence internationale de sismologie, qui se réunira à Strasbourg du 24 au 28 juillet prochain.

MM. Folie et Lancaster assisteront à la conférence comme délégués de l'Académie.

— La Commission pour l'inauguration du monument qui sera érigé à Bonn, le 9 juin courant, en l'honneur de Fr.-Aug. Kekulé, ancien associé de la Classe, exprime le désir que l'Académie se fasse représenter à cette solennité.

M. Spring accepte cette mission.

— M. le Ministre de l'Industrie et du Travail envoie, pour la bibliothèque de l'Académie, un exemplaire de chacune des feuilles énumérées ci-après, de la Carte géologique de Belgique au 40,000^e :

Heers-Looz, Quiévrain-Saint-Ghislain, Modave-Clavier, Hamoir-Ferrières, Merbes-le-Château-Thuin, Durbuy-Mormont, Sivry-Rance, Froidchapelle-Senzeille.

— M. le Ministre des Finances et des Travaux publics envoie un exemplaire des *Diagrammes des variations de niveau de la mer à Ostende, 1902*.

— Remerciements.

— Hommages d'ouvrages :

1^o *Kunstformen der Natur*, 8. Lieferung; par Ern. Haeckel, associé, à Iéna;

2^o *Le volcanisme*. — *Le puits artésien de la teinturerie de MM. Moens frères et les niveaux aquifères du sous-sol de la ville d'Alost*. — *Rectifications à l'échelle stratigraphique de l'Éocène belge*. — *Quelques mots au sujet des terrains quaternaires*; 4 extraits, par le baron O. van Ertborn;

3^o *Charles de la Vallée Poussin, sa vie et ses travaux*; par Ern. Van den Broeck;

4^o *Nouvelle théorie de l'explosion volcanique basée sur la combinaison des vues de M. van Ertborn avec les expériences et thèses de MM. A. Gautier et A. Bronn, et avec la théorie de M. A. Stübel*; par le même.

— Remerciements.

— Travaux manuscrits à l'examen :

1^o *Électrolyse des gaz*; par Charles Terby. — Commissaires : MM. De Heen et Spring;

2° *Quelques théorèmes basés sur les propriétés des transversales*; par Edmond De Puydt, à Gand. — Commissaires : MM. Neuberg et Deruyts.

RAPPORTS.

Il est donné lecture des rapports de MM. Lagrange et De Heen sur un travail de M. E. Wattier (*La Science*). — Dépôt aux archives du travail et du rapport.

Sur l'existence de l'alexine hémolytique dans le plasma sanguin; par le Dr A. Falloise, assistant à l'Université de Liège.

Rapport de M. Mastus, premier commissaire.

« On sait que Metchnikoff et ses élèves soutiennent que l'alexine n'existe pas dans le plasma du sang en circulation : produite par les leucocytes, elle n'est abandonnée au sérum sanguin que lorsque ces cellules ne se trouvent pas dans leurs conditions normales de vie.

Le Dr Falloise, après avoir résumé nos connaissances sur cette question si controversée de l'origine de l'alexine des sérums normaux, et avoir montré les résultats contradictoires obtenus par les expérimentateurs, expose les recherches qu'il a faites sur le pouvoir hémolytique du sérum et du plasma de plusieurs espèces animales.

Pour obtenir *in vitro* un plasma aussi peu différent

que possible du plasma normal, l'auteur a recours à diverses méthodes permettant d'avoir facilement un sang incoagulable, qui est très rapidement centrifugé; il récolte ainsi un plasma qui ne contient pas ou peu de leucocytes.

Parmi les procédés employés pour recueillir du plasma, les uns ont nécessité l'emploi de substances étrangères (propeptone, extrait de sangsues ou sels); les autres n'ont comporté l'addition d'aucune substance étrangère (tubes paraffinés, veine isolée); ces différents procédés ont fourni un plasma qui s'est montré hémolytique et le plus souvent plus hémolytique que le sérum sanguin correspondant.

Aussi M. Falloise admet-il que l'alexine existe dans le plasma du sang circulant.

J'ai l'honneur de proposer à la Classe d'imprimer dans le *Bulletin* de la séance l'important mémoire du D^r Falloise. »

M. Fredericq, second commissaire, déclare se rallier aux conclusions du premier rapporteur.

Ces conclusions sont adoptées par la Classe.

Sur l'acide difluoracétique; par F. Swarts.

Rapport de M. W. Spring, premier commissaire.

« M. F. Swarts présente à l'Académie une étude très détaillée des propriétés de l'*acide difluoracétique* qu'il a découvert il y a deux ans et qu'il n'avait pu faire connaître que d'une manière sommaire jusqu'à ce jour.

Il n'est pas possible de résumer le mémoire de l'auteur sans sortir du cadre d'un rapport. Je me bornerai à dire que nous nous trouvons en présence d'un travail très bien fait et très documenté, qui fournit un grand nombre de renseignements intéressants et utiles.

J'ai l'honneur de proposer l'insertion de ce travail dans le *Bulletin* de la séance. »

M. Henry, second commissaire, déclare se ranger volontiers à l'avis de son confrère et collègue.

En conséquence, le travail de M. Swarts sera imprimé dans le *Bulletin* de la séance.

—

Sur la pyrogénéation de quelques acides organiques dibasiques; par le Dr W. Oechsner de Coninck.

Rapport de M. W. Spring.

« M. W. Oechsner de Coninck a étudié la décomposition pyrogénée de divers acides carbonés en présence de l'oxygène; il a constaté que les corps de poids moléculaire relativement faible ne fournissaient que de l'eau et de l'anhydride carbonique, tandis que les autres donnaient, en outre, de l'oxyde de carbone.

J'ai l'honneur de proposer à la Classe l'insertion de cette note dans le *Bulletin* de la séance. » — Adopté.

=====

COMMUNICATIONS ET LECTURES.

RECHERCHES SUR LES COMPOSÉS MONOCARBONÉS ;
par Louis Henry, membre de l'Académie.

§ XV. — *Sur l'hydroxy-bromure de méthylène.*

Il est bon de relever et de redresser soi-même les erreurs que l'on a ou que l'on croit avoir commises, soit dans le domaine des faits, soit dans le domaine plus délicat de leur interprétation. C'est cette pensée qui m'inspire en ce moment.

Dans une note déjà ancienne, puisqu'elle remonte à 1895, intitulée : *Action des hydracides halogénés sur le méthanal* (*), je me suis occupé de l'action de l'acide bromhydrique gazeux sur cet oxyde et notamment sur sa solution dans l'eau, au maximum de concentration.

Il en résulte aisément, et avec un rendement qui approche de l'intégralité, un produit qui renferme les éléments d'une molécule de méthanal $\text{H}_2\text{C} = \text{O}$ et d'une molécule d'acide bromhydrique HBr (**).

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, t. XXVI, 3^e sér., p. 615.

(**) Je ne crois pas inutile de rappeler ici les résultats de l'analyse qui a été faite de ce produit tel qu'on le retire directement de la solution du méthanal, après saturation par l'acide bromhydrique. On

Je l'ai désigné d'abord sous le nom d'*hydroxy-bromure de méthylène*.

C'est un liquide incolore, mais jaunissant rapidement à l'air et à la lumière, d'une odeur très piquante, d'une densité égale à 1.92 à 12°,5, se congelant vers - 72° en une masse solide, micro-cristalline.

L'acide bromhydrique paraît n'être retenu que faiblement vis-à-vis du *méthanal* $\text{H}_2\text{C} = \text{O}$. Aussi ce corps manque-t-il de stabilité, du moins dans toutes les circonstances où l'acide bromhydrique, corps gazeux très

y a trouvé 72.36 et 72.28 %, alors que la formule $\text{H}_2\text{C} = \text{O} + \text{HBr}$ en demande 72.07.

L'*oxyde de méthylène* $(\text{H}_2\text{C})_2\text{OBr}_2$, produit de l'action de l'acide bromhydrique gazeux sur le méthanal polymérisé $(\text{H}_2\text{C} = \text{O})_n$, renferme 78.43 % de brome.

Dans un travail publié en 1901, un chimiste allemand, M. F.-M. Litterscheid ⁽¹⁾ s'est occupé de diverses questions se rattachant aux composés méthyléniques et notamment de l'action des acides HCl et HBr sur le méthanal en solution aqueuse. M. Litterscheid n'a pas obtenu le composé $\text{H}_2\text{C} = \text{O} + \text{HBr}$ dont je m'occupe dans cette notice. J'en suis fort au regret, mais son insuccès n'est en aucune façon de nature à faire rejeter, surtout par moi, l'existence de ce produit qui repose sur des données analytiques suffisantes. On le verra plus loin.

Je signalerai en passant certaines erreurs de calcul commises par M. Litterscheid : alors que l'on prend $\text{Br} = 80$, $\text{H}_2\text{C} = \text{O} + \text{HBr}$ renferme

72.07 % et $\frac{\text{H}_2\text{C} - \text{Br}}{\text{H}_2\text{C} - \text{Br}} > 0$, 78.43 % de brome et non pas 72.97 % et 79.41 %, comme il est indiqué dans ce travail.

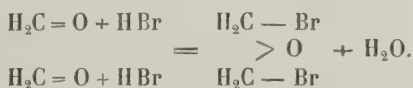
(1) *Liebig's Annalen der Chemie*, t. CCCXVI, pp. 157 et suiv.

soluble dans l'eau et doué d'aptitudes réactionnelles si énergiques, peut entrer en action.

A l'air libre, dès la température ordinaire, il paraît perdre du gaz bromhydrique; aussi fume-t-il à l'air, comme tous les corps qui, directement ou indirectement, laissent échapper de cet hydracide.

Abandonné dans un exsiccateur, sur de la chaux vive, à la température ordinaire, il disparaît assez rapidement, en perdant progressivement son gaz bromhydrique et en laissant un résidu solide de *poly-oxyméthylène* $(\text{H}_2\text{C}=\text{O})_n$.

Soumis à l'action de la chaleur, il perd de l'acide bromhydrique. Dès 20° , il s'en dégage abondamment. La plus grande partie de sa masse passe vers 150° . Il se transforme, dans ces conditions, partiellement en *oxy-bromure de méthylène* $(\text{H}_2\text{C})_2.\text{O}.\text{Br}_2$, éb. 155° .



On sait que ce composé se forme facilement par l'action de HBr gaz sur $(\text{H}_2\text{C}=\text{O})_n$.

Ce *bromhydrate d'oxyde de méthylène* est incompatible avec l'eau et les alcools.

Dans l'eau qui ne le dissout pas et au fond de laquelle il tombe, il disparaît à la longue, même dès la température ordinaire, en se transformant en acide bromhydrique et en *méthanal* $\text{H}_2\text{C}-(\text{OH})_2$.

Avec les alcools ordinaires, méthylique, éthylique, etc., en quantité suffisante, il réagit vivement, pour donner, en fin de compte, le *bromure* $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{Br}$ et le *méthylal*

$\text{H}_2\text{C}-(\text{OC}_n\text{H}_{2+n})_2$ correspondants à l'alcool présent, c'est-à-dire les mêmes produits que l'on obtiendrait par l'action de l'acide bromhydrique sur le méthanal $\text{H}_2\text{C}=\text{O}$ en présence d'un alcool.

On ne peut pas cependant taxer ce corps d'*instabilité absolue*, car il est susceptible de se conserver indéfiniment, comme tel, alors que l'acide bromhydrique qu'il renferme ne peut pas disparaître, notamment quand il est renfermé dans un flacon hermétiquement bouché.

Il en est de même en présence de l'eau, alors que celle-ci est saturée de gaz acide bromhydrique, ainsi que le témoigne le mode même de formation de ce corps dans les conditions que j'ai indiquées. On s'explique ainsi ce qu'il advient alors qu'on le conserve dans des flacons qui ne bouchent qu'imparfaitement. Avec l'humidité de l'air, l'acide bromhydrique forme après quelque temps au-dessus de la masse restante de ce composé une couche liquide qui préserve celle-ci d'une altération ultérieure.

Je me suis demandé autrefois quelles étaient la nature et la signification chimiques réelles de cet étrange produit. Voici comment je m'exprimais, en 1895, à ce sujet :

« Est-ce une combinaison moléculaire, un bromhydrate d'oxyde de méthylène, analogue au composé que forme l'acide HCl en s'ajoutant à l'oxyde de méthyle, composé décrit par M. Friedel (*)? Ou bien est-ce une véritable combinaison chimique atomique, l'hydroxy-

(*) *Bulletin de la Société chimique de Paris*, t. XXIV, pp. 160 et 241 (année 1875).

» bromure de méthylène, c'est-à-dire l'alcool méthylique
 » mono-bromé $\text{H}_2\text{C} < \begin{smallmatrix} \text{OH} \\ \text{Br} \end{smallmatrix} ?$ »

Je rapporte ces lignes pour constater que, dès cette époque, il s'établissait dans ma pensée des comparaisons entre ce composé et le composé *hydro-chloro-méthylique* de Friedel $(\text{H}_3\text{C})_2\text{O} + \text{HCl}$.

L'analogie de ces deux composés est évidente : ils se séparent tous les deux en leurs générateurs avec une facilité extrême, surtout le composé chlorhydrique de Friedel. Quoique renfermant un oxyde dont le point d'ébullition est presque le même que celui de l'oxyde de méthyle

$(\text{H}_3\text{C})_2\text{O}$	Éb. — 23°,6 (Regnault)
$\text{H}_2\text{C} = \text{O}$	— — 21° (Kekulé),

mon composé bromhydrique est relativement moins volatil et moins instable. Il doit, à n'en pas douter, cette stabilité et cette fixité relatives à cette double circonstance :

1° Que l'acide bromhydrique est moins volatil que l'acide chlorhydrique

HCl	Éb. — 83°,7 p. 745 ^{mm}
HBr	— — 64°,9 p. 738 ^{mm} (*);

2° Que son pouvoir additionnel, vu son état thermique, est plus intense.

(*) THADDAEUS ESTREICHER, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, t. XX, p. 605 (année 1896).

Il me paraît qu'en 1895 j'ai pris en considération, plus qu'il n'était de raison, cette différence de stabilité. et ce qui aujourd'hui m'étonne davantage encore, c'est d'avoir établi une certaine analogie entre les réactions du gaz bromhydrique sur $\text{H}_2\text{C} = \text{O}$ aq et sur $(\text{H}_2\text{C} = \text{O})_n$, en ce sens que, de la nature de composé vraiment spécifique du produit de cette dernière, question hors de tout doute, puisque ce corps bout à 155° , j'ai conclu à l'identité de *nature moléculaire* du produit de la première.

Quoi qu'il en soit, j'ai regardé l'*hydro-bromure du méthanal* $\text{H}_2\text{C} = \text{O} + \text{HBr}$ comme une combinaison chimique proprement dite, une véritable espèce chimique, dans le sens ordinaire et classique du mot, simple, moléculairement parlant. Je l'ai regardé comme étant et représentant l'*alcool méthylique mono-bromé* $\text{H}_2\text{C} < \begin{smallmatrix} \text{Br} \\ \text{OH} \end{smallmatrix}$.

Cette formule dispense de toute explication quant aux rapports de combinaison des éléments entre eux.

Il ne m'est pas possible de persister aujourd'hui dans cette interprétation dont je m'étonne vis-à-vis de moi-même, à laquelle j'ai été amené et dans laquelle j'ai persisté pendant quelque temps à cause de la satisfaction que j'éprouvais de rencontrer, comme je le supposais, un composé où le caractère *alcool* proprement dit était aussi profondément modifié par le voisinage immédiat d'un élément négatif tel que Br. L'*alcool méthylique mono-bromé* était une bonne fortune pour la doctrine de la *solidarité fonctionnelle* dans les composés carbonés. Aujourd'hui, mieux éclairé par les faits, je renonce aux services que ce corps supposé pouvait rendre à cette doctrine, qui peut d'ailleurs s'en passer sans préjudice et

sans dommage. « Avant tout, comme l'a dit Wurtz (*),
» il faut enseigner la vérité...

» Et ici, il semble qu'elle nous est révélée clairement
» par un ensemble de preuves concordantes tirées de
» lois physiques et de données chimiques. »

Deux faits sont tout particulièrement à remarquer en ce qui concerne ce composé :

1° Son instabilité et son dédoublement rapide, dès la température ordinaire, en méthanal ($\text{HC} = \text{O}$)_n et gaz bromhydrique, alors que celui-ci peut disparaître au fur et à mesure de sa production, comme cela a lieu, ainsi que je l'ai dit plus haut, dans un exsiccateur fermé renfermant de la chaux vive ;

2° L'inertie des agents les plus propres à réagir sur le radical *hydroxyle* - OH, tels que l'acide sulfurique et les chlorures négatifs.

On peut agiter ce soi-disant *hydroxy-bromure de méthylène* avec de l'acide sulfurique ; il s'en sépare inaltéré.

Le chlorure d'acétyle, les tri-bromure et penta-chlorure de phosphore ne le modifient pas non plus, du moins à la température ordinaire et dans les conditions où les dérivés *vraiment hydroxylés* en sont si profondément atteints.

Cela étant, et si l'on se rappelle que le voisinage d'un élément négatif énergétique ne modifie pas sous ces divers rapports la nature fonctionnelle du radical *hydroxyle*, comme on le constate dans le composant *carboxyle* - $\text{C} < \begin{smallmatrix} \text{O} \\ \text{OH} \end{smallmatrix}$, il est impossible d'admettre dans le composé

(*) *Dictionnaire de chimie, etc.*, t. I, p. 466, article : *Théorie atomique*.

dont je m'occupe l'existence du radical *hydroxyle* lui-même - OH, et comme tel, ainsi que l'exprime la formule $\text{Br} - \text{CH}_2(\text{OH})$ que je lui ai attribuée et qui en fait l'*alcool méthylique mono-bromé*.

Ce corps doit être assimilé au *chlorhydrate d'oxyde de méthyle* de Friedel : il représente le *bromhydrate d'oxyde de méthylène* $\text{H}_2\text{C} = \text{O} + \text{H Br}$. Ainsi que le témoigne l'action de ce corps sur les alcools, laquelle équivaut, quant à son résultat final, à l'action de l'acide bromhydrique gazeux sur le méthanal en présence des alcools, l'acide bromhydrique y existe en une certaine manière, comme tel. Son brome ne se trouve pas fixé sur le carbone, mais bien sur l'oxygène, $\text{H}_2\text{C} = \text{O} < \begin{smallmatrix} \text{H} \\ \text{Br} \end{smallmatrix}$, par les unités d'action chimique de second ordre, expression qu'employait déjà Friedel en 1875, en parlant de son composé méthylque (*). L'*oxygène*, dans le *bromhydrate méthanalique*, est un élément *tétravalent*, ou du moins en joue le rôle.

Si l'on se rappelle que les radicaux hydrocarbonés tirent leur caractère *positif* de l'hydrogène qu'ils renferment fixé sur le carbone; si l'on remarque, en même temps, que le *méthanal* $\text{H}_2\text{C} = \text{O}$ est le composé unitaire oxygéné réellement existant, le plus riche en hydrogène parmi tous ceux que forme le carbone, on ne sera pas étonné de voir l'aptitude particulière de l'oxygène à se combiner à deux nouvelles unités d'action chimique, dans l'oxyde de méthylène $\text{H}_2\text{C} = \text{O}$.

Grâce aux composés nouveaux dont la chimie du carbone et même la chimie minérale se sont enrichies en si grand nombre, les idées que l'on se fait aujourd'hui

(*) *Bulletin de la Société chimique de Paris*, t. XXIV (2), p. 249.

de la capacité de combinaison des éléments sont autres, en tout cas bien plus larges, que celles que l'on se faisait il y a une trentaine d'années.

La doctrine de la valence des éléments, acquisition précieuse, sans doute, de la chimie générale, a perdu la rigidité exclusive que lui avait communiquée son illustre et principal auteur, Kekulé. L'opinion de Wurtz, qui ne voyait dans cette doctrine qu'une expression rajeunie et étendue de la loi des proportions multiples, tend de plus en plus à prévaloir, si déjà elle n'a pas prévalu d'une manière universelle et conquis l'assentiment général. Sous ce rapport, les composés si remarquables formés par le fluor avec divers éléments, le phosphore, le soufre, l'iode, etc., sont à citer en toute première ligne et ont exercé une influence décisive. Pour ma part, il y a longtemps que dans mes leçons de chimie générale pour les élèves du doctorat en sciences chimiques, je distingue deux sortes d'unités d'action chimique dans les éléments : les unités d'action chimique *ordinaires*, *habituelles* ou *essentielles*, celles qu'avait en vue exclusivement Kekulé et que les combinaisons hydrogénées dévoilent dans les éléments négatifs, et les unités d'action chimique *supplémentaires* ou *supplétives*, *extraordinaires*, qui n'apparaissent et ne s'exercent que dans certaines circonstances et vis-à-vis de certains éléments ou groupements d'éléments. S'il faut admettre l'existence de cette seconde espèce d'unités d'action chimique, il faut admettre également leur *différence fonctionnelle* d'avec les premières. Quoi qu'il en soit, il est bien remarquable que la polyvalence des éléments s'élève, pour chacun, par degrés successifs constitués de deux unités : 1, 3, 5, 7, etc., 2, 4, 6, 8, etc., chaque élément restant dans sa

série *paire* ou *impaire*. Mais ce n'est pas le moment de traiter ici de ces délicates questions de chimie générale sur lesquelles je me propose de revenir d'une manière spéciale, autant que l'importance de l'objet le comporte. Je n'ajouterai qu'une seule remarque à celles que je viens de formuler en passant, c'est que dans chaque famille ou groupe naturels, ces unités d'action chimique *supplétives* et *extraordinaires* sont d'autant plus développées, ou mieux, plus faciles à éveiller et à mettre en action que le poids atomique de l'élément où on les constate est plus élevé. Il en est ainsi dans les groupes du chlore et de l'azote; il en est de même dans le groupe de l'oxygène. Il y a longtemps déjà qu'à la suite des recherches de divers chimistes, et notamment de celles de Cahours, on a constaté des composés *sulfurés*, mono-sulfurés, se rattachant à l'atome de soufre tétravalent. Et, fait bien étrange, il arrive que, si dans les combinaisons purement hydrogénées $H\overset{\cdot}{X}$, $H_2\overset{''}{X}$, $H_5\overset{'''}{X}$, etc., la polyvalence élémentaire est malaisée ou impossible à mettre en évidence, elle le devient à un degré que l'on peut qualifier d'éminent dans les composés correspondants où l'hydrogène est remplacé par des groupements hydrocarbonés équivalents. C'est ainsi que je suis ramené à l'*oxyde de méthyle* $(H_3C)_2O$ et à l'*oxyde de méthylène* $H_2C = O$.

Aujourd'hui, grâce aux recherches de divers chimistes, et notamment à celles de MM. Ad. Baeyer et Villiger, la question de la *tétravalence de l'oxygène* est devenue une question actuelle. Il serait superflu de faire ressortir le haut intérêt qui s'y rattache. L'acide bromhydrique gazeux est aisé à obtenir à l'état de pureté et sec; il est doué d'une aptitude réactionnelle considérable, bien plus considérable que celle de l'acide chlorhydrique, et en même

temps il est notamment moins volatil que celui-ci et détermine par conséquent des combinaisons additionnelles d'un point d'ébullition ou de dissociation plus élevé que celui des combinaisons chlorhydriques correspondantes. De plus, il est stable, stable comme l'acide chlorhydrique, et si, au point de vue de son intensité réactionnelle, il est inférieur à l'acide iodhydrique, il l'emporte sur celui-ci par sa stabilité, n'étant pas susceptible de se scinder en ses éléments pour jouer le rôle d'un agent d'hydrogénation.

Pour ces diverses raisons principales, l'acide bromhydrique me paraît de nature à rendre des services dans l'étude objective de la polyvalence des éléments négatifs et notamment de la polyvalence de l'oxygène. Dans cet ordre d'idées, je signalerai les composés, trop peu remarqués, à mon sens, qu'a mis au jour, il y a quelques années, un chimiste russe, M. Wladimir Mokiewsky (*), de l'acide bromhydrique avec divers glycols et notamment avec le *glycol éthylénique* $(\text{HO})\text{CH}_2 - \text{CH}_2(\text{OH}) + \text{HBr}$, composé bien défini, cristallisable et fusible à $50^\circ - 51^\circ$. Ce bromhydrate correspond bien à l'hydrate cristallisé de l'acide bromhydrique $(\text{H}_2\text{O})\text{H}_2\text{O} + \text{HBr}$. Quoi qu'il en soit, tout, ou presque tout, est encore à faire en ce qui concerne l'emploi du gaz acide bromhydrique au point de vue de la constatation et de la détermination de la polyvalence élémentaire. Un des buts de la présente notice est de me permettre d'exploiter à loisir cette idée qui me paraît devoir être féconde.

Louvain, juin 1903.

(*) *Chemisches Centralblatt*, 1899, t. I, p. 592.

Réplique à la note de M. Ch. Lagrange ()*; par F. Folie,
membre de l'Académie.

Je n'ai nullement l'intention de rouvrir une longue discussion à laquelle l'Académie a décidé de mettre un terme vers 1895.

Il me faut cependant répondre brièvement à quelques critiques que m'adresse M. Lagrange dans le *Bulletin* de mars.

Il pense que je connaissais depuis 1895 (p. 546) les résultats qu'il a trouvés et que M. Darwin a publiés dans le *Bulletin* de janvier. C'est une erreur. Jamais, et je le regrette aujourd'hui, je n'ai lu son travail.

La raison en est double.

M. Lagrange n'a jamais voulu reconnaître le caractère diurne de la nutation eulérienne de l'axe d'inertie, et aujourd'hui même il le nie encore. Sa formule (12) page 545 n'est vraie *que dans le méridien*. Dans tout autre azimut, l'angle horaire entre dans l'argument du dernier terme.

Au surplus, le caractère diurne de la nutation eulérienne de l'axe d'inertie a été tellement bien reconnu par MM. Radau et Tisserand, qui ont les premiers combattu mon assertion (**), qu'ils ont donné à cette nutation

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), n° 3, pp. 341-373, 1903.

(**) *Bulletin astronomique*, 1890.

elle-même le nom de *nutation diurne* (*). Je ne pouvais pas m'attendre à voir sortir de la même plume, qui avait nié une vérité aussi claire, un travail aussi neuf et aussi correct, si l'on reste dans le méridien, sur le mouvement de rotation de la Terre, travail dont je le félicite très sincèrement. Telle est la première raison de mon abstention. La seconde en est l'excès des calculs numériques auxquels j'ai été obligé de me livrer seul, ainsi que la neurasthénie qui en a été la conséquence et qui m'a fait donner ma démission.

M. Lagrange, qui a examiné mon mémoire, doit l'avoir bien mal lu, puisqu'il consacre toute une page à démontrer que j'affirme l'immutabilité de l'axe instantané.

Je dis dès les premières lignes :

« J'ai constaté que cette nutation (de l'axe instantané) est nulle à une très petite quantité près, $\frac{1''}{2000}$ environ » (p. 527). Et page 529, j'ai soin d'ajouter encore : « Rigoureusement, les λ des formules (1) et (2), au lieu d'être égaux, sont entre eux dans le rapport $\frac{1}{1+\mu}$, $\mu = \frac{1}{305}$.

» Nous négligeons, comme nous l'avons dit, cette minime différence. » Et en la négligeant, on a naturellement un axe immuable dans l'espace. C'est dans cette même page que M. Lagrange, qui n'a jamais en vue que les observations méridiennes, soutient que les variations journalières de la hauteur du pôle de Laplace ne peuvent être autres que les variations de période eulérienne qu'on observe aujourd'hui. J'ai déjà dit ci-dessus que la question est bien nettement tranchée par MM. Radau et

(*) *Mécanique céleste*, t. II, chapitre dernier.

Tisserand dans le dernier chapitre de la *Mécanique céleste*, tome II.

Ou bien M. Lagrange s'est exprimé peu clairement dans le § 2 de la page 564, ou bien, si je prends ce paragraphe à la lettre, je n'y comprends absolument rien. Le pôle I, dit-il, est bien mobile dans l'espace absolu. Nous avons vu ci-dessus, et M. Lagrange le sait fort bien, que l'ouverture du cône décrit par I est de $\frac{1''}{2000}$. Est-ce donc en cela que consiste le mouvement eulérien?

C'est bien I, dit M. Lagrange, qui décrit autour de Z le mouvement eulérien. Z serait-il immobile? M. Lagrange ne le pense certes pas. Mais pourquoi n'en rien dire?

Comme la Terre tourne autour de I et non autour de Z, ainsi que le voudrait M. Folie, ajoute-t-il, il n'y a pas de variations diurnes de la latitude.

M. Folie n'a jamais dit que la Terre tourne autour de Z *seul*, puisqu'il n'a jamais négligé ses mouvements autour de X et de Y qui produisent la précession et les différentes nutations.

Mais Oppolzer et les astronomes à sa suite, y compris M. Lagrange, prétendent que, puisque la Terre tourne autour de I, c'est à cet axe que *doivent* se rapporter les formules.

Non, ai-je dit, le choix des axes est entièrement arbitraire (*).

Quant à la négation des variations *diurnes* de la latitude *astronomique* (pôle I), qui donc pourrait être assez ignorant pour l'avoir jamais contestée?

Mais les variations journalières de la hauteur du pôle

(*) *De la supériorité de la méthode de Laplace.* (ANNUAIRE POUR 1896.)

(géographique Z) existent du moment où les observations sont faites hors du méridien. J'ajouterai que le pôle I de M. Lagrange n'est pas le pôle de rotation, mais un pôle *fictif*, puisqu'il est déterminé abstraction faite des forces perturbatrices et que l'erreur commise, du chef de cette négligence, peut s'élever à 0'02 (*).

Enfin l'heure, définie dans le système I, pourra différer au même instant de 0'02 en deux lieux situés sur le même méridien sous des latitudes de 45°; et, par suite, les ascensions droites observées en ces deux lieux pourront différer systématiquement entre elles de 0'02.

Qu'on veuille bien demander aux astronomes si une pareille heure est acceptable en astronomie, lorsqu'on leur voit donner les 0'001 d'ascension droite dans leurs catalogues (*Berl. Jahrb.*, 1884).

M. Darwin lui-même, quoiqu'il ne soit pas un astronome professionnel, dit à la fin de son mémoire (**): « Mais les astronomes ne doivent-ils pas tenir compte du mouvement du pôle lorsqu'ils corrigent le méridien de leurs instruments? »

Or ils ne le *peuvent* pas, parce qu'ils ne connaissent absolument pas la nutation eulérienne, qui, pour l'écorce terrestre, se compose de deux parties, l'eulérienne et la chandlérienne (***).

L'heure et l'ascension droite sont donc impossibles à déterminer exactement dans le système de l'axe instantané, et l'on finira certainement par y renoncer.

(*) *Bulletin* de mars, pp. 336-337, et *Annales de la Société scientifique de Bruxelles*, t. XXVII, 1903.

(**) *Bulletin* de janvier, p. 161.

(***) *Bulletin* de mars, p. 325.

Le système de l'axe d'inertie, au contraire, permet de définir une heure rigoureusement uniforme, rigoureusement la même en tous les lieux d'un même méridien (géographique), et croissant rigoureusement de 1 seconde pour une différence de longitude de 15 secondes d'arc.

Grâce au caractère diurne que la nutation eulérienne revêt dans ce système, on peut l'éliminer par la combinaison d'observations de passages supérieurs et inférieurs, ou même la déterminer en éliminant toutes les autres nutations (*).

Avantages précieux que l'on appréciera un jour, et qui feront revenir au système de l'axe d'inertie.

Addition à la note précédente.

Un de nos savants confrères, dont je reconnais la haute compétence en astronomie, a fait observer que l'erreur horaire eulérienne s'élimine dans la détermination des ascensions droites, puisque celles-ci se déduisent de la différence des heures de deux passages observés.

Or, comment détermine-t-on une ascension droite ?

Je suppose nulles les erreurs personnelles et instrumentales.

On aura commencé pour calculer l'azimut de la lunette au moyen de l'observation de quelques fondamentales, en écrivant que les ascensions droites de celles-ci

(*) Voir *Bulletin de mars*, p. 325, et *Trente-cinq années de travaux mathématiques et astronomiques*, deuxième fascicule, pp. 26-29. Rome, 1903.

sont égales aux heures sidérales observées $h + \text{corr. azimuth}$.

Or ces heures, dans le système instantané, ne sont pas h , mais $h - \gamma \operatorname{tg} \Phi \cos (\mu t - \sigma)$. De là une erreur inévitable dans la détermination de l'azimut.

De plus, la correction azimutale a pour facteur $\frac{\sin z}{\cos \delta}$, et variera avec la D de l'étoile.

Les ascensions droites d'autres étoiles, déterminées en faisant usage de l'azimut précédent, seront bien affranchies de l'erreur horaire $\gamma \operatorname{tg} \Phi \cos (\mu t - \sigma)$ si leurs D sont les mêmes que celles des étoiles qui ont servi à déterminer l'azimut, *mais à cette condition seulement*; en sorte que la plupart des ascensions droites seront entachées de l'erreur commise sur l'azimut, dans le calcul duquel on n'a pas tenu compte du terme horaire $\gamma \operatorname{tg} \Phi \cos (\mu t - \sigma)$; et cette erreur sera multipliée par $\sec \delta$.

Je laisse de côté le cas si fréquent où l'on ne détermine que de temps à autre l'azimut de la lunette, et dans lequel les critiques précédentes sont encore plus justifiées.

20 juin 1903.

Sur les refroidissements et les réchauffements produits par les étoiles filantes; par F. Folie, membre de l'Académie.

J'ai énoncé, dans le dernier numéro du *Bulletin*, l'opinion que nous n'avions plus à craindre le retour des froids périodiques des 13-14 mai, qui étaient si redoutés des jardiniers au siècle dernier.

Quelques personnes, et en assez grand nombre peut-être, ont cru que nous les avions encore subis.

Du tableau suivant des moyennes des températures minima et des températures à 8 heures du matin, à Uccle, prises de deux en deux jours du 9 au 16 mai, il résulte certainement que cette période a été relativement froide, mais bien plutôt les 15 et 16 que les 13 et 14.

Mai	9-10	11-12	13-14	15-16
8 heures	11°.2	9.0	9.9	11.2
Minimum	5.9	6.4	5.9	4 4

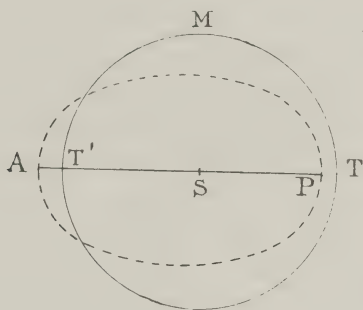
Devrait-on en conclure que les froids de mai seront à l'avenir plus tardifs? Il faudrait plusieurs années d'observations pour autoriser une pareille conclusion, qui ne me paraît guère probable.

Cette coïncidence de la disparition ou tout au moins de l'affaiblissement considérable des froids périodiques des 13-14 mai avec celui de l'essaim d'étoiles filantes des 13-14 novembre a reporté mes réflexions sur ce sujet, que j'ai déjà traité dans l'*Annuaire* de l'Observatoire pour 1886 : j'y ai montré que la plupart des essaims d'étoiles filantes produisent un refroidissement à six mois de distance, idée qu'Ermann avait déjà émise, il y a cinquante à soixante ans, quant à ceux d'août et de novembre, mais qui avait été complètement oubliée. En traitant récemment de cette question avec quelques amis, l'un d'entre eux, géologue très distingué, fit cette observation que les météorites, qui se rencontrent un peu partout à la surface du sol et qui sont très abondantes au Mexique, n'ont jamais été trouvées à l'état fossile.

Il en résulterait que leur origine ne remonterait pas au delà de l'époque tertiaire.

Si la Terre avait été primitivement accompagnée d'une planète plus petite ayant à peu près le même grand axe, et si cette planète avait éclaté en un grand nombre de fragments vers cette époque, ces masses auraient continué à graviter autour du Soleil, dans des orbites dont les grands axes ne devaient pas sensiblement différer de celui de la Terre, puisqu'ils étaient les mêmes au point de départ.

Je sou mets cette hypothèse à l'appréciation des géologues et des astronomes, et j'en tire les conséquences suivantes.



Un essaim d'étoiles filantes parcourt l'orbite elliptique PEA dont le Soleil S est le foyer et dont le plan est plus ou moins incliné sur celui de l'écliptique TMT'. Les grands axes de ces orbites sont sensiblement égaux.

Pour plus de simplicité, je suppose que la ligne des nœuds coïncide à peu près avec le grand axe de l'orbite de l'essaim. Lorsque celui-ci est au périégée P, il est entre la Terre T et le Soleil (conjonction inférieure), il absorbe une partie des rayons de celui-ci, d'où un refroidissement à date fixe.

Six mois après, la Terre sera en T et l'essaim très approximativement en A (conjonction supérieure), car les grands axes des deux orbites étant à peu près égaux, les durées de révolution sont à très peu près les mêmes.

Dans cette position, l'essaim est au delà de la Terre par rapport au Soleil; quelques-unes des masses qui le constituent pourront pénétrer la nuit dans l'atmosphère, étant attirées à la fois par le Soleil et par la Terre, qui agissent sur elles dans le même sens; elles s'y enflammeront, et nous observerons des étoiles filantes plus ou moins nombreuses.

Mais la plus grande partie des masses de l'essaim n'y pénètre pas. Si elles sont nombreuses, et les étoiles filantes d'août et de novembre semblent bien l'établir, n'est-il pas probable que la chaleur solaire réfléchiée par ces masses sur la Terre contribuera à réchauffer celle-ci?

Telle serait, si mon hypothèse se vérifie, l'explication du flux de chaleur constaté vers le 15 août (1) et de l'été

(1) Voici les résultats déduits de cinquante années d'observation à Bruxelles :

	Maximum.	Minimum.	Moyenne.
10 août	22.1	13.3	17.7
15 »	23.5	14.1	18.8
20 »	22.4	14.0	18.2

Si l'on prend les moyennes des températures des 10 et 20 août, on trouve

22.25	13.65	17.95
-------	-------	-------

températures notablement inférieures à celle du 15 août.

Le flux de chaleur à cette date est donc bien accusé.

de la Saint-Martin, que les anciens, dont je suis, se souviennent fort bien avoir connu, quoique plusieurs météorologistes en nient absolument l'existence (1).

L'ÉVOLUTION NUCLÉAIRE ET LA SPORULATION CHEZ *Hydnangium carneum* Wallr. (Communication préliminaire); par Ch. Van Bambeke, membre de l'Académie.

A ma connaissance, trois botanistes se sont occupés de l'évolution nucléaire et de la formation des spores chez *Hydnangium carneum*. Le premier, Gu. de Istvanffi, dans un mémoire paru en 1895, consacre quelques lignes au Gastromycète en question; six années plus tard, W. Ruhland, dans un travail sur la karyogamie intracellulaire chez les Basidiomycètes, s'occupe, à son tour et plus longuement que son prédécesseur, du même sujet; enfin, plus récemment, L. Petri, à qui le travail de Ruhland a passé inaperçu, publie un mémoire entièrement consacré à la formation des spores chez *Hydnangium carneum*.

(1) L'examen des moyennes diurnes les plus élevées constatées à Bruxelles pendant cinquante ans montre que, du 2 au 16 novembre, elles ont toujours dépassé 11°, et même atteint parfois près de 17°, fait qui ne se présente pas dans la seconde moitié d'octobre; après le 16 novembre, au contraire, aucune moyenne diurne n'a guère dépassé 13° pendant ces cinquante années; la plupart des moyennes les plus élevées ont même oscillé entre des températures inférieures à 10° et des températures de 12°.

Le commencement de novembre *peut* donc être favorisé de hautes températures dans des circonstances propices; mais l'été de la Saint-Martin n'arrive pas tous les ans, et c'est pourquoi il ne se trahit pas dans les moyennes. (*Petite Climatologie*, p. 40.)

Dans un travail *in extenso*, j'exposerai, avec les détails voulus, les résultats obtenus par ces trois auteurs ; dans la communication préliminaire que j'ai l'honneur de présenter à la Classe, je me bornerai à faire remarquer que ces résultats ne sont nullement concordants, même sur des points essentiels ; de plus, il en résulterait que certains phénomènes de l'évolution nucléaire et de la sporulation s'éloigneraient assez notablement, chez l'espèce susdite, de ce qui a été constaté chez les autres Basidiomycètes. Ainsi, alors que Ruhland, conformément à ce qui constitue la règle chez tous les Basidiomycètes observés, voit le noyau secondaire donner naissance à une figure mitotique typique, apicale et transversale, d'après Petri, il ne se forme pas de vrai fuseau nucléaire, et le noyau de fusion (noyau secondaire) subit deux divisions caryocinétiques simultanées.

A en juger par les descriptions et les figures de de Istvanffi et de Petri, ces deux auteurs considèrent comme seule existante la présence de deux stérigmates portant chacun une spore, tandis que, d'après Ruhland, la baside est munie typiquement de un ou de deux stérigmates, chaque stérigmate donnant naissance à une spore.

La destinée des quatre noyaux définitifs nés des divisions du noyau secondaire est aussi différemment comprise par les trois botanistes : pour Ruhland, ces noyaux pénètrent tous soit dans la spore unique, soit dans les deux spores, de sorte que la baside est désormais privée d'éléments nucléaires ; pour de Istvanffi, un des noyaux-fils provenant de la première division du noyau secondaire reste dans la baside et peut donner origine à une nouvelle génération de spores ; enfin, pour Petri, seulement des fragments des quatre noyaux arrivent dans les

deux spores, le restant de ces noyaux se retrouvant dans la baside.

Comme nous disposions d'une cinquantaine de coupes provenant de deux exemplaires d'*Hydnangium carneum* fixés au liquide Flemming, les coupes ayant été colorées par la safranine, nous avons soumis ces dernières à un examen approfondi dans le but de contrôler les observations de nos prédécesseurs. Ce sont les résultats fournis par cet examen qui feront l'objet du mémoire dont je présente aujourd'hui un court résumé.

Quoique simplement colorées par la safranine, nos coupes nous ont donné, sur divers points controversés, des images très démonstratives. Toutefois, nous n'avons nullement la prétention d'avoir résolu tout le problème; plus d'une question s'y rattachant reste encore à élucider; nous croyons seulement avoir obtenu quelques données précises qui pourront aider à sa solution.

Voici les principales conclusions auxquelles nous ont conduit nos recherches :

1. Conformément aux résultats obtenus par Ruhland et Petri, on trouve un ou deux noyaux dans les cellules végétatives d'*Hydnangium carneum*, et constamment un complexe de deux noyaux ou *synkarion* dans les cellules sous-hyméniales. Ce synkarion se divise par mitose conjugée.

2. Comme l'ont vu ces auteurs, la baside, dès son apparition, est toujours binucléée (noyaux conjugués de Petri — noyaux primaires — synkarion).

3. Comme le dit Petri, les deux noyaux conjugués, au moment de la fusion, se trouvent à la phase spirème.

4. L'apparition de granulations chromatiques qui, d'après Petri, se séparent des noyaux au moment de la

fusion et auxquelles il donne le nom de « granulations directrices » ne constitue pas un phénomène constant.

5. Après la fusion, le noyau secondaire, en se divisant, donne naissance, comme l'a vu Ruhland et contrairement à l'opinion de Petri, à une figure mitotique apicale et transversale (quelquefois plus ou moins oblique), semblable à celle caractéristique de beaucoup de Basidiomycètes, et dans laquelle on distingue une partie achromatique et une partie chromatique.

La partie achromatique consiste en le fuseau formé de deux filaments principaux et en deux centrosomes situés aux pôles du fuseau; parfois une irradiation polaire est vaguement indiquée. La partie chromatique est d'abord représentée par des granulations de nombre variable, les *protochromosomes* de Maire, dont ce botaniste a constaté l'existence chez les Protobasidiomycètes à l'exclusion des Urédinées, et chez les Autobasidiomycètes. A la fin de la prophase, les protochromosomes se réunissent en deux *chromosomes définitifs*, situés dans le plan équatorial de la figure. Ce qui se passe chez *Hydnangium carneum* vient donc confirmer ce que Maire a observé chez toutes les espèces étudiées par lui.

6. Il est probable, comme le suppose Ruhland, qu'au moment de la genèse de la figure mitotique, de la substance chromatique passe dans le cytoplasma; ainsi s'explique l'apparition fréquente d'une zone chromophile au sommet de la baside (*zone chromophile apicale*).

7. Les deux noyaux-fils nés de la division du noyau secondaire se divisent à leur tour, en général de façon synergique, en donnant lieu à deux figures mitotiques typiques, apicales et transversales comme la première, rarement plus ou moins obliques. Chaque figure renferme

deux chromosomes; il n'y a pas formation de protochromosomes. *Le noyau de fusion ne subit donc pas*, comme le veut Petri, *deux divisions caryocinétiques simultanées*.

8. Les quatre noyaux définitifs, généralement disposés par paires, affectent des arrangements très variés, d'où il faut conclure qu'ils ne gardent pas leur position première.

9. La baside, conformément à ce qu'a vu Ruhland, donne typiquement naissance à un ou deux stérigmates, auxquels correspond, à part de rares exceptions, un nombre égal de spores.

10. Nous pouvons admettre, avec Petri, que les stérigmates naissent aux dépens d'une évagination de la membrane de la baside. Dans beaucoup de cas, nous rencontrons, à ce moment, au sommet de la baside, une zone plus compacte et plus opaque que le reste du contenu cellulaire, non safraninophile, sorte de *calotte apicale* qui se confond insensiblement, par ses bords, avec la membrane de la baside.

11. Dès leur apparition, les stérigmates renferment généralement une substance ou des éléments chromophiles qui ne correspondent pas aux « granulations directrices » de Petri, mais tirent sans doute leur origine de la zone chromophile apicale; on trouve aussi, au sommet des stérigmates naissants, un ou deux minuscules centrosomes.

12. A une certaine phase de l'évolution, on peut considérer le sommet du stérigmate avec la substance chromophile et les centrosomes y renfermés comme représentant virtuellement la spore.

13. Il n'existe pas de relation constante entre l'âge de la spore et le passage du noyau dans son intérieur.

14. Seulement chez de rares basides, nous avons ren-

contré des productions comparables aux fibrilles qui, d'après Petri, relie les granulations directrices aux noyaux-fils. Sans vouloir mettre en doute l'existence de ces fibrilles qui rappellent les cordons kinoplasmiques si souvent observés par Maire, il faut admettre, comme intervenant dans la migration des noyaux vers les stérigmates et les spores, une attraction exercée par les centrosomes, vrais *centres moteurs du kinoplasma*, comme les appelle Henneguy.

15. Contrairement à l'opinion de Ruhland, lorsque les spores sont nucléées, il reste des noyaux dans la baside, mais ce sont des noyaux-petits-fils (noyaux définitifs); ce n'est donc pas un noyau-fils resté indivis, comme le suppose de Istvanffi. On pourrait admettre, à l'exemple de ce botaniste, qu'une seconde génération de spores succède à la première, n'était l'envahissement fréquent et précoce de la baside par un abondant deutoplasma graisseux.

16. Au lieu qu'une partie seulement de la substance chromatique des quatre noyaux de la baside migre dans les spores, comme l'affirme Petri, il est beaucoup plus probable que les noyaux, tout en s'étirant, y pénètrent, comme tels.

17. Comme Ruhland l'a déjà observé, le noyau arrivé dans la spore se divise, et les divisions nucléaires se répétant, la spore mûre peut contenir jusqu'à huit noyaux.

18. Le cytoplasma des basides et des spores a une grande tendance à élaborer des matières grasses. Cette élaboration, qui débute dans le voisinage du noyau ou des noyaux, s'observe même dans les basides qui sont le siège d'une karyomitose.

Sur l'existence de l'alexine hémolytique dans le plasma sanguin; par le D^r A. Falloise, assistant à l'Université de Liège.

I

On a, dans ces dernières années, beaucoup étudié les propriétés bactéricide et hémolytique du sérum sanguin chez les animaux normaux et chez les animaux vaccinés.

On sait que les propriétés tant hémolytique que bactéricide des sérums normaux sont dues à une substance particulière, de composition chimique inconnue, détruite par le chauffage prolongé à 55° et à laquelle Büchner a donné le nom d'*alexine*.

Pour Büchner comme pour Bordet, un sérum donné ne contient qu'une alexine. C'est la même alexine qui dissout les hématies de différentes espèces animales; c'est encore la même qui détruit les microbes.

Metchnikoff admet l'existence de deux alexines différentes, l'une hémolytique, l'autre bactéricide.

Ehrlich et Morgenroth se refusent également à accepter l'idée de l'unité de l'alexine dans un même sérum. Pour eux, un sérum donné contient un grand nombre d'alexines différentes. En outre, ces auteurs ne croient pas, à l'encontre de Bordet, que les alexines puissent agir à elles seules; elles auraient besoin, même dans les sérums normaux, du concours d'autres substances, appelées *substances intermédiaires* ou *sensibilisatrices*.

Dès le début de l'étude du pouvoir bactéricide des

sérums sont nées deux théories opposées pour expliquer l'immunité naturelle : l'une, la *théorie humorale*, défendue surtout par Flügge, Büchner, Pfeiffer, etc., d'après laquelle le pouvoir bactéricide est une propriété des humeurs de l'organisme, l'alexine existant normalement dans le sang et les humeurs ; l'autre, la *théorie phagocytaire*, créée et défendue principalement par Metchnikoff, d'après laquelle le sang et les humeurs de l'organisme sont totalement dépourvus d'alexine, la défense de l'organisme se faisant exclusivement par les globules blancs qui phagocytent les bactéries et les globules rouges étrangers. Si le sérum contient l'alexine, c'est que, pendant la défibrination du sang ou au moment de la coagulation, un grand nombre de leucocytes sont détruits, abandonnant à la partie liquide du sang l'alexine dont ils sont chargés.

Il existe un moyen qui permet d'augmenter considérablement le pouvoir bactéricide ou le pouvoir hémolytique des sérums : si l'on injecte à différentes reprises à un animal quelconque soit des bactéries, soit des hématies d'espèce étrangère, le sérum de cet animal acquiert, à la suite de ces vaccinations, un pouvoir bactéricide ou un pouvoir hémolytique puissant, vis-à-vis de l'espèce de bactéries ou d'hématies injectées. Et dans ce cas, ainsi que l'a établi Bordet, le pouvoir cytolytique du sérum est dû au concours de deux substances : l'une, banale, détruite par le chauffage à 55°, l'*alexine*, qui préexistait dans le sérum normal et qui n'a pas augmenté sous l'influence des injections (1), l'autre, nouvelle, qui s'est formée au

(1) Fait démontré par BORDET pour le pouvoir bactériolytique (*Annales de l'Institut Pasteur*, 1895) et par NOLF (*Annales de l'Institut Pasteur*, 1900), ainsi que par VON DUNGERN (*Münchener medic. Wochenschrift*, 1900, p. 677).

cours des vaccinations et que Bordet a désignée sous le nom de *substance sensibilisatrice*.

Cette substance sensibilisatrice, qui se forme en grand excès dans le sang des animaux vaccinés, est *thermostabile*, c'est-à-dire n'est pas, comme l'alexine, détruite par le chauffage à 55°. Elle est *spécifique*, c'est-à-dire n'a d'action que vis-à-vis de l'espèce microbienne ou de l'espèce d'hématies qui a été injectée. Elle a la propriété de se *fixer* énergiquement sur ces globules ou sur ces microbes et de favoriser puissamment l'action de l'alexine sur ceux-ci, de les *sensibiliser* en quelque sorte, sans avoir cependant par elle-même aucun pouvoir cytolytique.

Si, au lieu de globules rouges ou de microbes, on injecte d'autres éléments, des spermatozoïdes, des leucocytes, des cellules du foie, du rein, etc., on obtient des sérums spermatoxique, leucotoxique, hépatotoxique, néphrotoxique, etc., dont l'action est due, comme pour l'hémolyse et la bactériolyse, au concours de deux substances : l'une, banale, préexistante, l'*alexine*; l'autre, nouvelle, spécifique, résistant au chauffage, la *sensibilisatrice*.

Beaucoup d'auteurs, parmi lesquels Metchnikoff, rangent l'alexine et la sensibilisatrice parmi les diastases ou enzymes. Arthus, en raison de différences incontestables entre ces substances et les diastases vraies, propose de les grouper avec les précipitines, agglutinines, etc., sous la dénomination générale de *substances enzymoïdes*. D'autres auteurs, avec Nolf, admettent que ce sont des substances protéiques du sérum n'ayant nullement le caractère ferment.

Les deux théories, *humorale* et *phagocytaire*, que nous avons mentionnées plus haut à propos de l'immunité naturelle se retrouvent ici au sujet de l'immunité acquise.

Sur un point, tout le monde est d'accord : c'est que la *substance sensibilisatrice* existe en liberté dans le sang circulant et les humeurs de l'organisme; mais, tandis que les humoralistes admettent qu'il en est de même pour l'alexine et que, par suite, bactériolyse et hémolyse s'accomplissent au sein même des humeurs, les partisans de la théorie phagocytaire, et à leur tête Metchnikoff, nient l'existence de l'alexine en liberté dans le sang et les humeurs, et contestent, par conséquent, à ces liquides un rôle important dans la défense de l'organisme.

Pour Metchnikoff, l'alexine et la sensibilisatrice sont d'origine leucocytaire : les leucocytes sécrètent la sensibilisatrice dans les liquides qui les baignent, mais n'abandonnent pas l'alexine. Ils ne l'abandonnent que s'ils sont lésés, profondément altérés, comme cela se produit au moment de la coagulation du sang et de la formation du sérum. Le sang circulant ou le plasma sanguin normal ne contiennent pas d'alexine. La défense de l'organisme incombe tout entière aux phagocytes qui englobent et digèrent les hématies ou les microbes préalablement sensibilisés. L'alexine est, pour Metchnikoff, un ferment intraleucocytaire n'agissant, dans les conditions normales, que dans l'intérieur des phagocytes.

Des expériences nombreuses de Metchnikoff, Denis, Büchner, Gengou, etc., ont démontré, à l'heure actuelle, que les leucocytes sont bien réellement les producteurs de l'alexine et de la sensibilisatrice, et les partisans de la théorie humorale pure, qui refusent aux leucocytes un rôle quelconque dans la production de ces substances, deviennent de moins en moins nombreux.

Mais si l'accord tend à se faire au sujet de l'origine leucocytaire de ces substances, il est loin d'en être ainsi

pour ce qui concerne le mécanisme de leur action dans l'organisme.

Metchnikoff et son école admettent que les leucocytes n'interviennent que par la phagocytose et que l'alexine fait défaut dans le sang et le plasma. Büchner, Denis et un grand nombre d'autres savants admettent, au contraire, que les substances bactéricide ou hémolytique sont *sécrétées* par les leucocytes dans le sang circulant et les humeurs. Le rôle principal des leucocytes dans la défense de l'organisme est de sécréter ces substances qui se répandent dans le sang, et c'est alors l'élément liquide du sang qui joue le rôle prépondérant dans l'immunité. La phagocytose est un moyen de défense d'importance égale ou même inférieure au pouvoir bactéricide des humeurs.

La question présente, on le conçoit, une importance tout à fait capitale. Elle est à la base même de toute théorie de l'immunité. Aussi a-t-elle été l'objet de nombreux travaux dont aucun n'a fourni de solution définitive. Il serait trop long de les citer et de les discuter tous. Nous nous bornerons à mentionner les principaux d'entre eux.

Et, tout d'abord, il faut faire une distinction entre les expériences exécutées au sein même de l'organisme, *in vivo*, et celles faites *in vitro* avec les liquides, sérum ou plasma, retirés de l'organisme animal.

Les unes et les autres ont donné les résultats les plus contradictoires, le plus souvent conformes à l'idée préconçue qui guidait les recherches; ce qui démontre combien la solution du problème est difficile, et l'interprétation des faits, délicate. Et ceci est surtout vrai pour les expériences faites *in vivo*, où les facteurs qui interviennent sont multiples, les causes d'erreur nombreuses,

où une grande partie des phénomènes qui se passent au sein de l'organisme échappent à l'observation.

Pfeiffer (1) signale ce fait que des vibrions cholériques non virulents introduits dans le péritoine de cobayes normaux se transforment en granules au contact du liquide péritonéal sans l'intervention des phagocytes. Cette transformation granuleuse, appelée depuis *phénomène de Pfeiffer*, est due à la présence de l'alexine dans le liquide péritonéal.

Metchnikoff (2) constate que si l'on injecte dans le péritoine des vibrions cholériques virulents, ils ne subissent pas la transformation granuleuse dans le liquide, mais sont tous phagocytés. Quant aux vibrions non virulents, leur transformation granuleuse en dehors des leucocytes est due à ce que, du fait de l'injection, un certain nombre de leucocytes sont avariés, altérés, subissent la *phagolyse* et abandonnent l'alexine. Dans la chambre antérieure de l'œil, dans le tissu cellulaire sous-cutané, dans les liquides d'œdème obtenus par ralentissement de la circulation, où les leucocytes sont rares, le phénomène de Pfeiffer ne se produit pas. Il n'y a donc pas d'alexine dans ces liquides. Si l'on injecte, au préalable, dans la cavité péritonéale une substance telle que du bouillon ou une solution de NaCl, on rend les phagocytes plus résistants, ils ne subissent pas la phagolyse, et, dès lors, le phénomène de Pfeiffer ne se produit plus.

Si, au lieu d'injecter les vibrions cholériques dans le péritoine de cobayes normaux, on les injecte à des cobayes préalablement vaccinés contre ce vibrion, on

(1) PFEIFFER, *Zeitschr. für Hygiene*, 1894, t. XVIII.

(2) METCHNIKOFF, *Annales de l'Institut Pasteur*, 1895, t. IX.

observe encore le phénomène de Pfeiffer. Le liquide péritonéal contient donc l'alexine et la sensibilisatrice. Ici aussi, Metchnikoff attribue le phénomène à la phagolyse résultant de l'injection. Bordet démontre que le phénomène fait défaut ou est très faible dans le liquide de l'œdème passif, pauvre en leucocytes, provoqué par compression veineuse chez ces animaux. Garnier (1) et Pierallini (2) constatent qu'en empêchant la phagolyse par des injections préalables de NaCl, on supprime le phénomène de Pfeiffer. Mais nous devons ajouter que Pfeiffer (5) lui-même, par ces injections préalables, n'est jamais parvenu à le supprimer. D'autre part, il affirme que dans le tissu cellulaire sous-cutané, la transformation granuleuse se produit régulièrement. Salimbani (4) et Cantacuzène (5), au contraire, ne l'y ont pas observée.

Bordet (6) et plus tard Levaditi (7) injectent dans les veines de cobayes vaccinés des vibrions cholériques : ceux-ci ne subissent pas la transformation granuleuse extracellulaire, preuve qu'il n'y a pas d'alexine dans le plasma. A la vérité, Levaditi signale que l'on trouve parfois dans les capillaires pulmonaires des vibrions subissant la transformation granuleuse en dehors des cellules ; mais, dans ces cas, les vibrions sont entourés de leucocytes en voie de phagolyse. Du fait que l'humeur aqueuse et les liquides d'œdème ne contiennent que peu ou pas

(1) GARNIER, *Annales de l'Institut Pasteur*, 1897, t. XI.

(2) PIERALLINI, *Annales de l'Institut Pasteur*, 1897, t. XI.

(3) PFEIFFER, *Deutsche medicin. Wochenschr.*, 1896.

(4) SALIMBANI, *Annales de l'Institut Pasteur*, 1897, t. XI.

(5) CANTACUZÈNE, *Annales de l'Institut Pasteur*, 1898, t. XII.

(6) BORDET, *loc. cit.*

(7) LEVADITI, *Annales de l'Institut Pasteur*, 1901, t. XV.

d'alexine, il conclut à leur absence dans le sang. Mais ces liquides sont toujours beaucoup plus pauvres que le plasma sanguin en substances protéiques; il n'y a donc rien d'étonnant à ce que l'alexine y soit peu abondante et, dans certains cas même, fasse défaut. D'autre part, Sanarelli (1) se procure de la lymphe de grenouille exempte de leucocytes en introduisant dans le sac lymphatique des tubes de collodion. Cette lymphe est nettement bactéricide.

Denis et Leclef (2), dans un travail sur le streptocoque, admettent que la phagocytose ne joue qu'un rôle accessoire et que le rôle essentiel est rempli par les humeurs de l'organisme.

On retrouve la même divergence d'opinions pour les autres éléments figurés : Schattenfroh (3) et Skchiwan (4) constatent que si l'on injecte des levures dans l'organisme animal, elles sont détruites par les phagocytes. Zona (5) et Gilkinet (6) admettent au contraire que les levures injectées dans les veines subissent une destruction complète au bout de quelques heures sans aucun concours de la phagocytose, par l'action unique de la propriété cytotoxique du liquide sanguin.

Cantacuzène (7) signale ce fait que, dans la pulpe de la plume d'oie atteinte de spirillose, les spirilles sont vivants et mobiles dans le sang; mais aussitôt que celui-

(1) SANARELLI, *Centralbl. für Bacteriol.*, 1891, t. VI.

(2) DENIS et LECLEF, *La Cellule*, 1895, t. XI.

(3) SCHATTFROH, *Archiv für Hygiene*, 1896, t. XXVI.

(4) SKCHIWAN, *Annales de l'Institut Pasteur*, 1899, t. XIII.

(5) ZONA, *Centralbl. für Bacteriol.*, 1897, t. XXI.

(6) GILKINET, *Arch. de médecine expérimentale*, 1897.

(7) CANTACUZÈNE, *Annales de l'Institut Pasteur*, 1897, t. XI.

ci se coagule, les spirilles disparaissent. Il s'est donc formé, au moment de la coagulation, une substance bactéricide qui n'existait pas dans le plasma.

Wassermann (1) cherche à démontrer par l'expérience suivante que l'immunité naturelle est le fait des humeurs de l'organisme : Il prépare un sérum *antialexique*, c'est-à-dire capable de neutraliser l'alexine du sérum de cobaye. Il injecte à des cobayes du sérum antialexique en même temps que des bacilles typhiques. Les cobayes meurent infectés. Les cobayes témoins qui reçoivent la même dose de bacilles typhiques, mais au lieu de sérum antialexique simplement du sérum normal chauffé, résistent à l'infection. Wassermann en conclut que le sérum antialexique a neutralisé l'alexine qui existait à l'état libre dans le sang.

Besredka (2), qui a confirmé ces faits, les explique non par la neutralisation de l'alexine, mais par une action empêchante de l'antialexine sur les phagocytes.

Pour ce qui concerne l'hémolyse, on retrouve les mêmes discussions et le même désaccord.

Bordet (3) a démontré que si l'on injecte dans le péritoine d'un cobaye préalablement vacciné avec du sang d'oie des hématies de cet animal, celles-ci sont dissoutes, hémolysées dans le liquide péritonéal en dehors des leucocytes.

Metchnikoff (4) explique ce fait en admettant que l'injection du sang d'oie dans le péritoine amène une

(1) WASSERMANN, *Deutsche medicin. Wochenschr.*, 1901.

(2) BESREDKA, *Annales de l'Institut Pasteur*, 1901, t. XV.

(3) BORDET, *Annales de l'Institut Pasteur*, 1898, t. XII.

(4) METCHNIKOFF, *Annales de l'Institut Pasteur*, 1899, t. XIII.

phagolyse plus ou moins prononcée avec abandon par les leucocytes des substances hémolytiques dont ils sont chargés. Si on empêche la phagolyse par injection préalable d'une solution de NaCl, on supprime aussi plus ou moins complètement la dissolution extracellulaire des hématies d'oie. L'alexine hémolytique ne passe dans le liquide péritonéal que parce que les leucocytes sont altérés.

En injectant de petites doses d'hématies de poule dans le péritoine de cobayes neufs, Metchnikoff constate que les hématies ne sont nullement dissoutes, mais englobées par les phagocytes. Von Dungern (1), d'autre part, affirme l'absence de toute phagocytose dans le péritoine de cobayes auxquels on injecte du sang de poule : les hématies se dissolvent dans le liquide péritonéal. Ce n'est que si l'on injecte des globules plus résistants et à forte dose que l'on voit se produire la phagocytose.

Si l'on injecte à différentes reprises à des cobayes des spermatozoïdes d'espèce étrangère, le sérum de ces cobayes devient spermatotoxique pour les spermatozoïdes de cette espèce, c'est-à-dire les immobilise et les tue [Metchnikoff (2), Landsteiner (3)]. Ce pouvoir spermatotoxique est dû à deux substances (Moxter) (4) : l'une spécifique, la sensibilisatrice, l'autre banale, l'alexine, qui est, ainsi que Bordet (5) l'a démontré, la même que l'alexine hémolytique.

(1) VON DUNGERN, *Münch. medicin. Wochenschr.*, 1899 et 1900.

(2) METCHNIKOFF, *Annales de l'Institut Pasteur*, 1899, t. XIII.

(3) LANDSTEINER, *Centralbl. für Bacteriol.*, 1899.

(4) MOXTER, *Deutsche medicin. Wochenschr.*, 1900.

(5) BORDET, *Annales de l'Institut Pasteur*, 1900, t. XIV.

Métalnikoff (1), en injectant à des cobayes du sperme de cobaye, obtient un sérum qui immobilise les spermatozoïdes de cet animal, c'est-à-dire un sérum *autospermotoxique*. Le sérum d'un cobaye mâle ainsi préparé immobilise *in vitro* les propres spermatozoïdes de ce cobaye. Or, si l'on examine les épидидymes de ce cobaye, on y trouve des spermatozoïdes parfaitement vivants. L'alexine n'a donc pas pénétré jusqu'aux spermatozoïdes chez l'animal vivant, ce qui prouve, d'après l'auteur, qu'elle ne se trouvait pas à l'état libre dans le plasma sanguin. S'y fût-elle trouvée, elle eût immobilisé les spermatozoïdes contenus dans les organes génitaux de l'animal.

J. Rehns (2) admet, au contraire, l'existence de l'alexine dans le plasma sanguin : si l'on sensibilise à refus des globules rouges de lapin en les mettant au contact d'un sérum actif préalablement chauffé à 55° pour détruire l'alexine ; si alors on injecte ces globules sensibilisés dans une veine à des lapins normaux, les globules sont hémolysés et deviennent toxiques pour le lapin. Ils ont donc rencontré l'alexine en liberté dans le sang circulant.

Max Grüber (3) arrive aux mêmes conclusions par une expérience du même genre : il prépare, par la méthode des injections, un sérum de lapin puissamment hémolytique pour les globules de cobaye. Il rend ce sérum inactif par un chauffage à 55°, qui, comme on sait, ne détruit pas la sensibilisatrice. Il injecte alors ce sérum inactivé

(1) MÉTALNIKOFF, *Annales de l'Institut Pasteur*, 1900, t. XIV.

(2) J. REHNS, *Comptes rendus de la Soc. de biologie*, 1901.

(3) GRÜBER, *Münch. medicin. Wochenschr.*, 1901.

dans la cavité péritonéale d'un cobaye. Ce sérum, avec la sensibilisatrice qu'il contient, va passer peu à peu dans la circulation générale et sensibiliser les hématies du cobaye. Si le sang circulant contient de l'alexine en liberté, les hématies sensibilisées vont subir l'hémolyse. Et c'est ce qui se produit en effet : on voit bientôt le nombre des globules rouges diminuer, l'hémoglobininurie apparaitre et le cobaye mourir d'asphyxie par manque d'oxygène.

Levaditi (1) s'est efforcé de réfuter ces conclusions. Il conteste que l'alexine existe dans le plasma circulant; selon lui, l'injection de sérum inactivé dans le péritoine détermine une phagolyse et par suite la mise en liberté artificielle de l'alexine; en outre, il constate une phagocytose intense dans la rate et aussi dans le sang circulant. L'anémie et l'hémoglobininurie sont dues principalement à la phagocytose intrasplénique.

Les expériences faites *in vitro* pour déterminer si l'alexine du sérum provient des leucocytes altérés au moment de la coagulation du sang ou si elle existe normalement dans le sang circulant et le plasma, n'ont pas donné de résultats plus concordants que les recherches faites *in vivo*.

Nissen (2), Büchner et Voit (3), Büchner et Orthenberger (4) rendent le sang incoagulable au moyen d'injections de propeptone. Le plasma ainsi obtenu est nettement bactéricide.

Hahn (5) empêche la coagulation du sang au moyen

(1) LEVADITI, *Annales de l'Institut Pasteur*, 1902, t. XVI.

(2) NISSEN, *Zeitschr. für Hygiene*, 1889.

(3) BÜCHNER et VOIT, *Arch. für Hygiene*, 1890, t. X.

(4) BÜCHNER et ORTHENBERGER, *Arch. für Hygiene*, 1890, t. X.

(5) HAHN, *Arch. für Hygiene*, 1895, t. XXV.

d'histone. Le plasma d'histone est aussi bactéricide que le sérum.

Sawtchenko (1) constate que le plasma du sang du rat rendu incoagulable par l'extrait de sangsue contient la substance bactéricide pour le charbon. Il en conclut que celle-ci existe à l'état libre dans le sang du rat vivant.

Lachtchenko (2) constate qu'un sérum sanguin dépourvu de tout pouvoir bactéricide par un chauffage à 60° devient bactéricide après quelques minutes lorsqu'on y introduit des leucocytes provenant d'un animal d'espèce différente, bien que les leucocytes restent vivants et mobiles dans ce sérum. Il en conclut que les leucocytes vivants sécrètent l'alexine. Trommsdorf (3) arrive aux mêmes conclusions à la suite d'expériences analogues.

Metchnikoff (4), dans son admirable livre sur l'immunité, a fait une critique sévère de ces diverses expériences : les leucocytes introduits dans un sérum étranger ne sont pas dans des conditions normales et, quoique encore vivants, peuvent être assez altérés pour abandonner l'alexine. De même dans le sang traité par la propeptone, l'extrait de sangsues, l'histone, etc., il se peut que l'addition de ces substances étrangères altère ou détruise les leucocytes.

Gengou (5), en employant le procédé de Freund, qui consiste à recevoir le sang dans des tubes paraffinés et à

(1) SAWTCHENKO, *Annales de l'Institut Pasteur*, 1897, t. XI.

(2) LACHTCHENKO, *Arch. für Hygiene*, 1900, t. XXXVII.

(3) TROMMSDORF, *Arch. für Hygiene*, 1900, t. XL.

(4) METCHNIKOFF, *L'immunité dans les maladies infectieuses*. Paris, 1901.

(5) GENGOU, *Annales de l'Institut Pasteur*, 1901, t. XV.

le centrifuger rapidement, obtient, sans addition de substance étrangère, un plasma débarrassé de presque tous ses leucocytes.

Ce plasma contient un peu de fibrin-ferment échappé des leucocytes pendant la centrifugation ou provenant des quelques leucocytes qui ne se sont pas déposés, car, si on le verse dans des tubes non paraffinés, il coagule. On doit donc admettre que les leucocytes ont vraisemblablement aussi lâché un peu d'alexine. Gengou abandonne ce plasma à la coagulation et en recueille le sérum. Souvent le sérum ainsi obtenu coagule encore une ou deux fois. Le sérum provient donc d'un plasma ne contenant que peu ou pas de leucocytes. Si l'alexine qui existe dans le sérum sanguin provient réellement des leucocytes détruits au moment de la coagulation du sang et fait défaut dans le plasma, il est évident que le sérum exsudé du plasma dépouillé de presque tous les leucocytes ne contiendra que très peu d'alexine.

En comparant le pouvoir bactéricide du sérum sanguin avec celui du sérum exsudé du plasma paraffiné, Gengou constate que le premier est beaucoup plus bactéricide que le second, tout au moins pour le charbon. Les résultats sont moins nets pour le typhus et le coli. Gengou en conclut que le plasma et par suite le sang circulant ne contiennent pas l'alexine à l'état de liberté et que l'alexine du sérum sanguin provient des leucocytes détruits au moment de la coagulation du sang.

Pettersson (1) prépare du plasma par addition au sang d'oxalate de potasse et centrifugation. Il constate que, en

(1) PETTERSSON, *Arch. für Hygiene*, 1902, t. XLIII.

règle générale, le plasma est plus bactéricide que le sérum sanguin. Mais, s'il provoque la coagulation du plasma, le sérum exsudé du plasma coagulé est moins bactéricide que le plasma lui-même. Il admet que l'alexine existait en liberté dans le plasma, mais a été en partie retenue dans le caillot. A ces recherches de Pettersson, on peut objecter aussi que peut-être l'oxalate de potasse ajouté au sang a altéré les leucocytes et provoqué chez eux l'abandon de l'alexine. Il n'a fait aucune expérience pour démontrer qu'il n'en est pas ainsi.

En résumé, les expériences faites tant *in vitro* qu'*in vivo* fournissent des résultats contradictoires. D'autre part, tous ceux qui ont étudié le plasma *in vitro* se sont occupés uniquement du pouvoir bactéricide. Personne, à notre connaissance, n'a étudié le pouvoir hémolytique du plasma. Les bactéries, cependant, présentent sur les globules rouges, pour ce genre de recherches, des désavantages évidents : les bactériessont des éléments vivants, à caractères changeants, influencés par des conditions de nutrition du milieu ; les numérations sont délicates et présentent des causes d'erreur. Au contraire, les globules rouges sont des éléments à caractères plus fixes, et rien n'est plus facile que l'appréciation du pouvoir hémolytique d'un liquide. Aussi avons-nous tenté, en nous adressant à des hématies, de résoudre la question si controversée de la présence de l'alexine dans le sang circulant.

II

Bien que, comme on a pu s'en convaincre par la lecture de cet exposé, aucune expérience directe ne démontre nettement l'absence d'alexine dans le plasma et partant

dans le sang circulant, le réquisitoire dressé par Metchnikoff, dans son livre sur l'immunité, contre la théorie humorale, réquisitoire basé surtout sur des interprétations d'expériences *in vivo* et sur le travail de Gengou, est tellement serré, sa théorie phagocytaire est tellement séduisante et en accord avec tant de faits, que nous avons entrepris ces recherches dans le but de confirmer, pour ce qui concerne l'hémolyse, les conclusions de Gengou dans le domaine de la bactériolyse, c'est-à-dire l'absence d'alexine dans le plasma sanguin.

Les résultats obtenus ont été justement inverses de ceux que nous prévoyions.

Nous nous sommes borné, dans nos expériences, à l'étude du pouvoir hémolytique du sérum et du plasma d'animaux *neufs*, c'est-à-dire n'ayant pas reçu, au préalable, d'injections de globules rouges d'espèce étrangère. En effet, ces injections n'augmentent pas la quantité d'alexine, mais font apparaître dans le sang une substance sensibilisatrice spécifique en grand excès.

La présence de la sensibilisatrice a pour conséquence de renforcer considérablement le pouvoir hémolytique de l'alexine, de sorte qu'il suffit de traces de cette dernière dans le plasma pour obtenir une action globulolytique énergique. Il deviendrait dès lors très difficile de dire si le plasma contient ou non de l'alexine normalement. Cet inconvénient n'existe pas chez les animaux *neufs*, chez lesquels la sensibilisatrice fait défaut ou n'existe qu'en très faible quantité.

Nous avons comparé le pouvoir hémolytique du sérum avec celui du plasma chez le chien, le lapin, le bœuf, le mouton, le porc et le coq.

Les globules rouges d'espèces étrangères sur lesquels

on faisait agir les divers sérums et plasmas étaient obtenus par défibrination et centrifugation du sang, puis lavés plusieurs fois avec une solution physiologique de NaCl et enfin dilués dans dix ou vingt fois leur volume de cette solution.

On plaçait dans de petits tubes à réaction 1 ou 2 centimètres cubes de cette émulsion globulaire et l'on y ajoutait des quantités décroissantes des liquides à examiner. On agitait vivement et énergiquement chaque tube pour que le mélange fût intime, puis on les plaçait pendant deux heures à 37°. Dans certains cas, on laissait simplement les tubes à la température du laboratoire pendant quinze heures.

Pour apprécier le degré d'hémolyse, on agitait de nouveau les tubes, on les centrifugeait et l'on comparait les teintes dans chacun d'eux.

Très souvent dans les tubes auxquels on ajoutait le plasma se produisait soit une coagulation lâche du contenu des tubes, soit un fin réseau de fibrine à mailles peu serrées, flottant en forme de sac dans le liquide. Par une agitation un peu énergique, on liquéfie facilement le contenu des tubes avant de les soumettre à la force centrifuge.

Cette coagulation dans les tubes s'explique aisément.

Dans l'émulsion globulaire se trouvent, en effet, mêlés aux globules rouges, quelques leucocytes qui abandonnent du fibrin-ferment. Lorsqu'on ajoute du plasma à cette émulsion, le fibrinogène que celui-ci contient est transformé en fibrine. Cette coagulation du fibrinogène ne présente du reste pour l'hémolyse aucun inconvénient.

Nous avons, pour obtenir du plasma, recouru à un grand nombre de procédés dont nous avons, en même

temps, comparé la valeur : injection de propeptone, action de l'extrait de têtes de sangsues *in vitro* et en injection, oxalate et fluorure de sodium, tubes paraffinés, procédé de la veine isolée, procédé de Delezenne pour le sang d'oiseau.

De tous ces procédés, les trois derniers seuls et plus spécialement celui de la veine isolée fournissent un plasma aussi identique que possible à celui du sang circulant.

Il n'en est pas de même pour les plasmas obtenus par les trois premiers procédés. Une substance étrangère (propeptone, extrait de sangsues ou sels) est ajoutée au sang. Aussi les résultats fournis par les plasmas obtenus par ces derniers moyens n'ont-ils de valeur, au point de vue de la question qui nous occupe, que pour autant qu'on les compare aux résultats fournis par les plasmas normaux.

Expériences chez le chien.

Nous avons comparé le pouvoir hémolytique du sérum du sang et du sérum de lymphe de chien avec celui des plasmas correspondants sur les globules de cobaye ou de lapin dilués dans dix ou vingt fois leur volume de solution physiologique.

A. — Propeptone.

On sait depuis les travaux de Schmidt-Mulheim (1), Fano (2), Shore (3), etc., que la propeptone en solution

(1) SCHMIDT-MULHEIM, *Archiv für Physiologie*, 1880, p. 33.

(2) FANÓ, *Archiv für Physiologie*, 1881, p. 277.

(3) L. E. SHORE, *Journal of Physiology*, t. XI, p. 561.

dans l'eau salée, injectée rapidement dans une veine chez le chien, a la propriété de suspendre la coagulation du sang. La lymphe qui s'écoule par le canal thoracique devient aussi incoagulable. Au contraire, ajoutée au sang *in vitro*, la propeptone n'a pas cette propriété. L'incoagulabilité se produit très rapidement, déjà quelques secondes après l'injection. Elle dure plus ou moins longtemps suivant la dose de propeptone et la rapidité avec laquelle est poussée l'injection.

On n'est pas complètement d'accord sur la cause à laquelle il faut attribuer cette incoagulabilité.

Quoi qu'il en soit, l'injection de propeptone permet d'obtenir un sang que la centrifugation partage en globules et plasma. Si la centrifugation est suffisamment prolongée, le plasma est complètement débarrassé de ses éléments figurés et l'on aperçoit une couche de globules blancs au-dessus des globules rouges.

Si l'on compare le pouvoir hémolytique du plasma de sang et du plasma de lymphe obtenus après une injection de propeptone avec le pouvoir hémolytique des sérums de sang et de lymphe recueillis avant l'injection, on obtient des résultats très différents suivant les animaux, la dose de propeptone injectée, la rapidité de l'injection, et surtout les moments où sont faites les prises de sang et de lymphe. Suivant les cas, le pouvoir hémolytique des plasmas est nul, ou très faible, ou légèrement inférieur à celui des sérums correspondants, ou bien équivalent ou même supérieur.

En règle générale, moins la dose de propeptone injectée est forte, plus le plasma obtenu est hémolytique. On constate, en outre, que plus les prises de sang et de lymphe sont faites à des moments éloignés de celui de

l'injection, plus le pouvoir hémolytique des plasmas se rapproche de celui des sérums pris avant l'injection, au point de l'égaliser ou même de le dépasser.

Après des injections de propeptone de 0^{gr},50 ou de 0^{gr},25 par kilogramme d'animal, le sang et la lymphe recueillis dans les dix ou quinze minutes qui suivent l'injection fournissent des plasmas très faiblement ou même nullement hémolytiques. Voici les protocoles de trois expériences de ce genre.

Expérience I.

Chienne de 26 kilogrammes. Injection de morphine, de 1 centigramme par kilogramme. Des canules sont placées dans la carotide et le canal thoracique pour les prises de sang et de lymphe, et dans la veine crurale pour servir à l'injection de propeptone.

On prend un échantillon de sang qui coagule en trois minutes, et un échantillon de lymphe, dont on recueille les sérums. On fait alors une injection d'une solution de propeptone de Witte, dans la crurale, à la dose de 0^{gr},50 de propeptone par kilogramme. Dix minutes après l'injection, on prend des échantillons de sang et de lymphe, qui sont soigneusement centrifugés et dont on recueille les plasmas.

Le sang, avant l'injection, contenait 7,600 leucocytes par millimètre cube. Dix minutes après l'injection, il n'en contient plus que 1,600.

A de petits tubes à réaction contenant chacun exactement 1 centimètre cube d'une émulsion de globules rouges de lapin au dixième, on ajoute des quantités décroissantes de sérum et de plasma en agitant chaque fois vivement chacun des tubes. Après deux heures à

l'étuve à 57°, on agite de nouveau, on centrifuge et l'on apprécie le pouvoir hémolytique d'après la teinte du liquide contenu dans chaque tube.

A 1 centimètre cube de l'émulsion de globules de lapin au dixième, on ajoute :

Quantités de sérum ou de plasma ajoutées en centimètres cubes.	Sérum sanguin.	Plasma du sang pris dix minutes après l'injection.
0.50	Hém. moyenne.	Hém. nulle.
0.25	— moyenne.	— nulle.
0.15	— faible.	— nulle.
0.10	— faible.	— nulle.
0.05	— très faible.	— nulle.

Quantités de sérum ou de plasma ajoutées en centimètres cubes.	Sérum de lymphe.	Plasma de lymphe prise dix minutes après l'injection.
0.50	Hém. moyenne.	Hém. faible.
0.25	— faible.	— nulle.
0.15	— faible.	— nulle.
0.10	— nulle.	— nulle.
0.05	— nulle.	— nulle.

Les deux tableaux d'expériences qui suivent sont destinés à montrer que le pouvoir hémolytique apparaît dans le plasma au fur et à mesure que les prises de sang et de lymphé sont faites à des moments plus éloignés de celui de l'injection.

Expérience II.

Chien de 22 kilogrammes, préparé comme le précédent. On recueille un échantillon de sang qui coagule en huit minutes et trente secondes et un échantillon de lymphé. Injection de propeptone de Witte : 0^{gr},50 par kilogramme. On prend des échantillons de sang et de lymphé, quinze minutes et une heure trente minutes après l'injection.

A 1 centimètre cube d'une émulsion de globules de cobaye au dixième, on ajoute :

Quantités de sérum ou de plasma ajoutées en cent. cubes.	Sérum sanguin.	Plasma de sang pris quinze minutes après l'injection.	Plasma de sang pris 1 h. 30 m. après l'injection.
0.50	Hém. forte.	Hém. forte.	Hém. forte.
0.25	— forte.	— forte.	— forte.
0.10	— forte.	— moyenne.	— moyenne.
0.05	— forte.	— très faible.	— moyenne.

Quantités de sérum ou de plasma ajoutées en cent. cubes.	Sérum de lymphé.	Plasma de lymphé prise quinze minutes après l'injection.	Plasma de lymphé prise 4 h. 30 m. après l'injection.
0.50	Hém. forte.	Hém. forte.	Hém. forte.
0.25	— forte.	— moyenne.	— forte.
0.10	— moyenne.	— faible.	— moyenne.
0.05	— moyenne.	— nulle.	— faible.

Expérience III.

Chien de 24 kilogrammes, préparé comme le précédent. Injection de propeptone à la dose de 0^{gr},50 par kilogramme. Avant l'injection, le sang coagule en deux minutes. Le sang contient avant l'injection 14,000 leucocytes par millimètre cube; trente secondes après l'injection, 1,200; quarante-cinq minutes après, 5,600; une heure trente minutes après, 5,800.

A 2 centimètres cubes d'une émulsion de globules de cobaye au vingtième, on ajoute :

Quantités de sérum ou de plasma ajoutées en cent. cubes.	Sérum sanguin.	Plasma de sang pris trente minutes après l'injection.	Plasma de sang pris 45 minutes après l'injection.	Plasma de sang pris 4 h. 30 m. après l'injection.
0.50	Hém. forte.	Hém. nulle.	Hém. faible.	Hém. moyenne.
0.25	— moyenne.	— nulle.	— nulle.	— faible.
0.10	— moyenne.	— nulle.	— nulle.	— faible.
0.05	— moyenne.	— nulle.	— nulle.	— très faible.

Quantités de sérum ou de plasma ajoutées en cent. cubes.	Sérum de lymphe.	Plasma de lymphe prise trente minutes après l'injection.	Plasma de lymphe prise 45 minutes après l'injection.	Plasma de lymphe prise 1 h. 30 m. après l'injection.
0.50	Hém. moyenne.	Hém. faible.	Hém. faible.	Hém. moyenne.
0.25	— faible.	— nulle.	— nulle.	— faible.
0.10	— très faible.	— nulle.	— nulle.	— nulle.
0.05	— nulle.	— nulle.	— nulle.	— nulle.

Il va sans dire que nous ne nous sommes pas borné à ces trois expériences, mais ces trois protocoles suffisent à montrer les résultats des injections de propeptone à la dose de 0^{gr},50 par kilogramme. Nous nous abstenons par conséquent d'énumérer les autres résultats.

Dans les expériences ultérieures, nous nous comporterons de même, nous bornant à ne citer qu'un ou deux protocoles, pour ne pas tomber dans les redites et retenir inutilement l'attention du lecteur.

Si l'on ajoute, *in vitro*, à du sérum hémolytique, de la propeptone, on constate que celle-ci a une action empêchante sur l'hémolyse. Cette action empêchante est d'autant plus prononcée que la dose de propeptone est plus forte.

Si l'on admet que la quantité totale de sang de chien correspond à peu près au douzième ou au treizième de son poids, en injectant 0^{gr},50 de propeptone par kilogramme, ces 0^{gr},50 se répartissent dans environ 80 centimètres cubes de sang.

L'addition, *in vitro*, à du sérum d'une semblable quantité de propeptone empêche complètement l'hémolyse ou la diminue fortement. Si la dose de propeptone mélangée au sérum est plus faible, l'action empêchante sur l'hémolyse est également moins prononcée.

Voici une de ces expériences :

Expérience IV.

On fait à un chien de 20 kilogrammes une forte prise de sang, qu'on abandonne à la coagulation. La sortie du sérum est hâtée par la centrifugation. On prend de ce sérum six portions : A, B, C, D, E, F, de 20 centimètres cubes chacune.

A A, on ajoute 0^{cc},70 de solution physiologique.

A B, on ajoute 0^{cc},70 d'une solution de propeptone à 10 %, ce qui équivaut à peu près à une injection intravasculaire de 0^{gr},50 de propeptone par kilogramme d'animal.

A C, on ajoute 0^{cc},55 de solution physiologique + 0^{cc},55 de la solution de propeptone, ce qui correspond à 0^{gr},15 par kilogramme.

A D, 0^{cc},45 de solution physiologique + 0^{cc},25 de solution propeptonée, ce qui correspond à 0^{gr},10 par kilogramme.

A E, 0^{cc},60 de solution physiologique + 0^{cc},15 de solution propeptonée, ce qui correspond à 0^{gr},05 par kilogramme.

A F, 0^{cc},65 de solution physiologique + 0^{cc},10 de solution propeptonée, ce qui correspond à 0^{gr},04 par kilogramme.

En essayant le pouvoir hémolytique de ces diverses portions de sérum sur des globules de lapin, on constate qu'il est en raison inverse de la dose de propeptone ajoutée.

A 2 centimètres cubes d'une émulsion de globules de lapin au vingtième, on ajoute :

Quantités de sérum ajoutées en cent. cubes.	Sérum A.	Sérum B.	Sérum C.	Sérum D.	Sérum E.	Sérum F.
0.50	Hém. forte.	Hém. faible.	Hém. moyenne.	Hém. moyenne.	Hém. forte.	Hém. forte.
0.30	— forte.	— nulle.	— faible.	— faible.	— moyenne.	— forte.
0.20	— moyenne.	— nulle.	— nulle.	— faible.	— moyenne.	— moyenne.
0.15	— moyenne.	— nulle.	— nulle.	— nulle.	— faible.	— faible.
0.10	— faible	— nulle.	— nulle.	— nulle.	— nulle.	— faible.
0.05	— nulle.	— nulle.	— nulle.	— nulle.	— nulle.	— nulle.

Ainsi donc l'action empêchante de la propeptone est d'autant moins prononcée que la dose est plus faible et se fait encore sentir, quoique faiblement, pour une dose correspondant à une injection de 0^{er},04 par kilogramme.

On obtient les mêmes résultats si, au lieu d'ajouter la propeptone à du sérum, on l'ajoute, *in vitro*, à du sang complet avant la coagulation :

Expérience V.

On place au préalable, dans cinq tubes gradués, les liquides suivants :

Dans le tube A, 0^{cc},70 de solution physiologique.

Dans le tube B, 0^{cc},70 de solution de propeptone à 10 %.

Dans le tube C, 0^{cc},55 de solution physiologique + 0^{cc},55 de la solution de propeptone.

Dans le tube D, 0^{cc},60 de solution physiologique + 0^{cc},15 de la solution de propeptone.

Dans le tube E, 0^{cc},70 de solution physiologique + 0^{cc},05 de la solution de propeptone.

On introduit dans chaque tube exactement 20 centimètres cubes de sang venant directement de la carotide d'un grand chien, on agite vivement et l'on fait une numération leucocytaire du sang de chaque tube.

On constate que le sang A contient 10,100 leucocytes par millimètre cube ; B, 10,200 ; C, 10,100 ; D, 9,900 ; E, 9,400. L'addition de propeptone n'a donc modifié en rien le nombre des leucocytes.

On essaie sur des globules de lapin le pouvoir hémolytique des sérums exsudés de ces divers sangs. Le pouvoir hémolytique est en raison inverse de la quantité de propeptone.

A 2 centimètres cubes d'une émulsion de globules de lapin au vingtième, on ajoute :

Quantités de sérum ajoutées en cent. cubes.	Sérum du sang A.	Sérum du sang B.	Sérum du sang C.	Sérum du sang D.	Sérum du sang E.
0.50	Hém. forte.	Hém. faible.	Hém. faible.	Hém. moyenne.	Hém. forte.
0.30	— moyenne.	— très faible.	— faible.	— moyenne.	— moyenne.
0.20	— moyenne.	— nulle.	— très faible.	— faible.	— moyenne.
0.15	— faible.	— nulle.	— nulle.	— faible.	— faible.
0.10	— très faible.	— nulle.	— nulle.	— très faible.	— très faible.
0.05	— nulle.	— nulle.	— nulle.	— nulle.	— nulle.

Comme on le voit, ce n'est que le sérum E, provenant d'un sang mélangé à une dose de propeptone correspondant à peu près à une injection de 0^{gr},02 par kilogramme, qui possède un pouvoir hémolytique équivalent à celui du sérum normal. Tous les autres sont affaiblis.

Starling (1) a démontré que la propeptone injectée dans les vaisseaux ne disparaît du sang qu'après un temps assez long. Il cite un cas où le plasma contenait encore 0.04 % de propeptone soixante-dix minutes après l'injection.

Dès lors, du fait qu'après des injections de 0^{gr},50 par kilogramme dans une veine, le plasma obtenu ne soit que peu ou pas hémolytique, nous ne pouvons pas conclure que le plasma soit dépourvu d'alexine. L'absence d'hémolyse peut être due simplement à la présence de la propeptone. Et ce qui rend cette hypothèse tout à fait vraisemblable, c'est le fait que le pouvoir hémolytique apparaît progressivement au fur et à mesure qu'on s'éloigne davantage du moment de l'injection, c'est-à-dire au fur et à mesure que la propeptone diminue dans le sang.

S'il en est bien ainsi, si l'alexine existe réellement dans le plasma, il est évident qu'avec des injections de propeptone plus faibles, le pouvoir hémolytique sera moins diminué. Et c'est ce que l'on constate en effet.

Soit, par exemple, l'expérience suivante (VI), où la dose de propeptone injectée n'est que de 0^{gr},10 par kilogramme. Le plasma du sang pris cinq minutes après l'injection est nettement hémolytique, mais plus faiblement que le sérum du sang avant l'injection. Une prise de sang faite trente-cinq minutes après l'injection procure un plasma qui est plus hémolytique que le sérum

(1) STARLING, *Journal of Physiology*, 1893, t. XIV, p. 131.

sanguin; une autre prise faite deux heures après l'injection fournit un plasma plus hémolytique encore.

Deux heures et trente minutes après l'injection, la coagulabilité est apparue et la prise de sang faite à ce moment fournit du sérum.

Expérience VI.

Chien de 26 kilogrammes, injection de morphine. Canules dans la carotide, la veine crurale et le canal thoracique.

Un échantillon de sang pris par la carotide coagule en deux minutes et trente secondes.

La lymphe du canal thoracique coagule plus lentement.

On recueille du sérum de sang et de lymphe; puis on fait dans la veine crurale une injection de propeptone à la dose de 0^{gr},10 par kilogramme, et l'on fait des prises de sang et de lymphe cinq minutes, trente-cinq minutes, deux heures et deux heures et trente minutes après l'injection. A ce moment, le sang et la lymphe sont redevenus coagulables.

Le sang avant l'injection contenait 8,000 leucocytes, la lymphe 1,000.

Cinq minutes après l'injection, le sang contient 7,000 leucocytes, la lymphe 600.

Trente-cinq minutes après l'injection, le sang contient 4,500 leucocytes, la lymphe 700.

Deux heures après l'injection, le sang contient 4,400 leucocytes, la lymphe 500.

Deux heures et trente minutes après l'injection, le sang contient 4,200 leucocytes, la lymphe 700.

Le pouvoir hémolytique des sérums et plasmas obtenus est essayé sur des globules de lapin.

A 1 centimètre cube d'émulsion de globules de lapin au cinquième, on ajoute :

(551)

Quantités de sérum ou de plasma ajoutées en cent. cubes.	Sérum sanguin.	Plasma de sang pris cinq minutes après l'injection.	Plasma de sang pris trente-cinq minutes après l'injection.	Plasma de sang pris deux heures après l'injection.	Sérum de sang pris. 2 h. 30 m. après l'injection.
0.50	Hém. forte.	Hém. forte.	Hém. forte.	Hém. forte.	Hém. forte.
0.30	— forte.	— forte.	— forte.	— forte.	— moyenne.
0.15	— forte.	— moyenne.	— forte.	— forte.	— moyenne.
0.10	— moyenne.	— faible.	— forte.	— forte.	— faible.
0.05	— faible.	— très faible.	— moyenne.	— forte.	— très faible.

Quantités de sérum ou de plasma ajoutées en cent. cubes.	Sérum de lymphé.	Plasma de lymphé prise cinq minutes après l'injection.	Plasma de lymphé prise trente-cinq minutes après l'injection.	Plasma de lymphé prise deux heures après l'injection.	Sérum de lymphé prise 2 h. 30 m. après l'injection.
0.50	Hém. forte.	Hém. forte.	Hém. forte.	Hém. forte.	Hém. moyenne.
0.30	— forte.	— moyenne.	— moyenne.	— forte.	— moyenne.
0.15	— moyenne.	— faible.	— moyenne.	— moyenne.	— faible
0.10	— faible.	— faible.	— faible.	— moyenne.	— très faible.
0.05	— faible.	— très faible.	— faible.	— faible.	— très faible.

Dans cette expérience, on remarquera que lorsque le sang est redevenu coagulable, il fournit un sérum qui est moins hémolytique que le plasma précédent et aussi que le sérum normal. Il en est de même pour la lymphe. Remarquons qu'à ce moment, le sang contient beaucoup moins de leucocytes que le sang normal. Ce fait s'observe fréquemment, bien qu'en général moins prononcé que dans l'expérience ci-dessus. Nous verrons ultérieurement les déductions qu'on en peut tirer.

En injectant très rapidement dans le sang des doses très faibles de propeptone, 0^{gr},05 par kilogramme, on réussit parfois à rendre le sang et la lymphe incoagulables. Les plasmas ainsi obtenus sont hémolytiques, tantôt moins que les sérums correspondants, tantôt autant, tantôt plus. Voici le protocole d'une de ces expériences :

Expérience VII.

Chien de 12 kilogrammes. Pas de canule thoracique. Injection de propeptone de 0^{gr},05 par kilogramme, très rapide.

A 1 centimètre cube d'une émulsion de globules de lapin au vingtième, on ajoute :

Quantités de sérum ou de plasma ajoutées en cent. cubes.	Sérum sanguin.	Plasma de sang pris cinq minutes après l'injection.	Plasma de sang pris trente minutes après l'injection.
0.40	Hém. forte.	Hém. forte.	Hém. forte.
0.30	— forte.	— moyenne.	— forte.
0.20	— moyenne.	— moyenne.	— moyenne.
0.15	— moyenne.	— faible.	— moyenne.
0.10	— faible.	— faible.	— faible.
0.05	— très faible.	— nulle.	— faible.

Des expériences précédentes, il résulte que les plasmas de sang et de lymphé obtenus après injection de propeptone sont hémolytiques à la condition que la dose injectée ne soit pas trop forte et qu'on attende un temps suffisant après l'injection.

Le pouvoir hémolytique des plasmas atteint ou même dépasse celui des sérums correspondants.

Ces plasmas contiennent donc de l'alexine hémolytique.

Mais est-ce là une preuve que l'alexine existe normalement dans le sang circulant ?

On sait qu'après les injections de propeptone, le nombre des leucocytes diminue considérablement. Delezenne (1) admet que la propeptone les détruit en grand nombre. Dès lors, la présence de l'alexine dans le plasma s'expliquerait par la destruction des leucocytes. Mais cette destruction se produit-elle réellement ? Elle a été contestée par Athanasiu et Carvallo (2), et tout récemment par Nolf (3), qui a fait sur ce sujet des recherches très minutieuses, encore en partie inédites, qui l'ont amené à dénier à la propeptone toute action destructive sur les leucocytes. Une bonne partie des leucocytes disparus se trouvent intacts dans les vaisseaux dilatés des viscères abdominaux.

(1) DELEZENNE, *Archives de physiologie*, 1898.

(2) ATHANASIU et CARVALLO, *Archives de physiologie*, 1896.

(3) NOLF, *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), 1902.

Les recherches personnelles que nous avons entreprises sur ce point et dans le détail desquelles nous ne voulons pas entrer, nous ont également convaincu que la propeptone ne détruit pas les leucocytes : que l'on reçoive du sang à la sortie du vaisseau dans la propeptone et que l'on fasse immédiatement après une numération leucocytaire, ou bien, que l'on ajoute à du sang rendu incoagulable par l'oxalate de soude des doses variables de propeptone, on constate que le nombre des leucocytes ne diminue pas, même après un temps assez long.

Ce n'est donc pas à une destruction leucocytaire que le plasma doit son pouvoir hémolytique. Toutefois, si les leucocytes ne sont pas détruits, il se pourrait cependant qu'ils fussent avariés, altérés du fait de l'injection et que, sous l'influence de cette avarie, ils abandonnent l'alexine dans le sang circulant et, par suite, dans le plasma. C'est là une hypothèse qu'on ne peut ni prouver ni réfuter directement.

Tout ce que nous pouvons dire, c'est que le plasma obtenu par injection de propeptone contient de l'alexine et que, dans certains cas, il en contient plus que le sérum.

B. — *Extrait de sangsues.*

Haycraft (1) a démontré que la partie antérieure de la sangsue contient un principe particulier, jouissant de la

(1) HAYCRAFT, *Proc. Roy. Soc.*, t. XXXVI.

propriété de suspendre la coagulation du sang lorsqu'on l'ajoute à celui-ci *in vitro* ou lorsqu'on l'injecte directement dans le torrent circulatoire.

Le plasma du sang rendu incoagulable par ce procédé, bien débarrassé de ses éléments figurés par la force centrifuge, ne coagule que si on lui ajoute du fibrin-ferment ou son zymogène.

On admet généralement que l'extrait de sangsues a une action conservatrice sur les leucocytes, qui, non altérés, n'abandonnent pas le fibrin-ferment ou son zymogène.

Nous nous sommes, à maintes reprises, assuré que l'addition de l'extrait de sangsues au sang *in vitro* n'est pas suivie d'une diminution du nombre des leucocytes.

Nous avons préparé l'extrait de têtes de sangsues suivant le procédé indiqué par Ledoux (1). La solution aqueuse que nous employons est préparée de telle sorte que 1 centimètre cube corresponde exactement à deux têtes de sangsues. Nous avons fait agir cet extrait sur le sang *in vivo* et *in vitro*. Le plasma est pipetté après une centrifugation prolongée pour bien le débarrasser des éléments figurés.

Si l'on ajoute au sang *in vitro* de fortes doses d'extrait de sangsues (quatre têtes de sangsues pour 80 centimètres cubes de sang par exemple, ce qui correspondrait, en injection, à quatre sangsues par kilogramme), celui-ci exerce, tout comme la propeptone, une action

(1) LEDOUX, *Archives de biologie*, t. XIV, p. 63.

empêchante sur l'hémolyse, et le plasma obtenu est moins hémolytique que le sérum. Si, au contraire, les doses ajoutées sont faibles, correspondant à une ou deux têtes pour 80 centimètres cubes de sang, le pouvoir hémolytique du plasma est très voisin, atteint ou même dépasse celui du sérum. Voici une expérience de ce genre, montrant l'influence de la dose d'extrait sur le pouvoir hémolytique du plasma.

Expérience I.

Chien de 35 kilogrammes. Canule dans la carotide. On prépare quatre tubes A, B, C, D.

Le tube A reçoit 0^{cc},50 de solution physiologique + 20 centimètres cubes de sang. Le mélange contient 8,600 leucocytes.

Le tube B reçoit 0^{cc},50 d'extrait de sangsues (ce qui correspond à quatre têtes pour 80 centimètres cubes de sang) + 20 centimètres cubes de sang. Leucocytes = 9,000.

Le tube C reçoit 0^{cc},25 de solution physiologique + 0^{cc},25 extrait de sangsues (= 2 têtes pour 80 centimètres cubes) + 20 centimètres cubes de sang. Leucocytes = 8,700.

Le tube D reçoit 0^{cc},58 de solution physiologique + 0^{cc},12 extrait de sangsues (= 1 tête pour 80 centimètres cubes de sang) + 20 centimètres cubes de sang. Leucocytes = 9,600.

Après centrifugation, on compare le pouvoir hémolytique du sérum de A et des plasmas de B, C, D.

A 2 centimètres cubes d'une émulsion de globules de lapin, on ajoute :

Quantités de sérum ou de plasma ajoutées en cent. cubes.	Sérum A.	Plasma B.	Plasma C.	Plasma D.
0.50	Hém. forte.	Hém. faible.	Hém. moyenne.	Hém. forte.
0.30	— moyenne.	— faible.	— faible.	— moyenne.
0.20	— moyenne.	— très faible.	— faible.	— moyenne.
0.15	— faible.	— très faible.	— très faible.	— faible.
0.10	— très faible.	— nulle.	— nulle.	— très faible.
0.05	— nulle.	— nulle.	— nulle.	— nulle.

Ainsi, dans cette expérience, le plasma obtenu par addition *in vitro* au sang d'une dose d'extrait correspondant à une tête de sangsue pour 80 centimètres cubes de sang, c'est-à-dire pour 1 kilogramme d'animal, a le même pouvoir hémolytique que le sérum sanguin. Au contraire, les plasmas provenant de sang ayant reçu des doses plus

fortes sont beaucoup moins hémolytiques. Dans d'autres expériences, à la dose de une tête par 80 centimètres cubes de sang, le plasma obtenu était même plus hémolytique que le sérum sanguin.

Il est facile de démontrer que l'extrait de sangsues a, à forte dose, une action empêchante directe sur l'hémolyse. Si à du sérum nettement hémolytique on ajoute des doses croissantes d'extrait de sangsues, on affaiblit d'autant son pouvoir hémolytique. De même, si à du plasma oxalaté, fortement hémolytique, on ajoute de l'extrait de sangsues, on voit ce pouvoir diminuer.

Il nous paraît inutile de donner les protocoles de ces expériences, qui se comprennent d'elles-mêmes.

Si, au lieu d'ajouter l'extrait de sangsues au sang *in vitro*, on l'injecte dans une veine, on constate encore que, à la dose de quatre sangsues par kilogramme d'animal, le pouvoir hémolytique du plasma est plus faible que celui du sérum, mais la différence est moins prononcée que dans les mélanges *in vitro*. Voici une expérience de ce genre :

Expérience II.

Chien de 25 kilogrammes. Canules dans la carotide et dans la veine crurale.

Prise de sang, qui coagule en deux minutes. Injection d'extrait aqueux de têtes de sangsues, à la dose de quatre têtes par kilogramme

Prises de sang cinq minutes après l'injection et une heure trente minutes après, immédiatement centrifugées.

Deux heures après l'injection, le sang est redevenu

coagulable. A ce moment, on fait une nouvelle prise de sang dont on recueille le sérum.

A 2 centimètres cubes d'une émulsion de globules de cobaye au vingtième, on ajoute :

Quantités de sérum ou de plasma ajoutées en cent. cubes.	Sérum sanguin.	Plasma de sang pris cinq minutes après l'injection.	Plasma de sang pris 4 h. 30 m. après l'injection.	Sérum de sang pris deux heures après l'injection.
0.25	Hém. forte.	Hém. moyenne.	Hém. moyenne.	Hém. moyenne
0.20	— moyenne.	— moyenne.	— moyenne.	— faible.
0.15	— moyenne.	— faible.	— moyenne.	— faible.
0.10	— faible.	— très faible.	— faible.	— très faible.
0.05	— faible.	— nulle.	— très faible.	— très faible.

Comme on le voit par cette expérience, si l'on attend un temps suffisant après l'injection, le plasma tend à redevenir aussi hémolytique que le sérum. D'autre part, lorsque le sang redevient coagulable, le sérum exsudé est moins hémolytique que le plasma de la prise précédente.

A la dose de deux têtes de sangsues par kilogramme, on obtient un plasma tantôt un peu moins hémolytique que le sérum, tantôt autant, tantôt davantage. Ici encore, on remarque que lorsque la coagulabilité reparait, le sérum est moins hémolytique que le plasma recueilli immédiatement avant.

Expérience III.

Chien de 17 kilogrammes; préparé comme le précédent.

Injection d'extrait aqueux de têtes de sangsues à la dose de deux têtes par kilogramme.

Prises de sang avant l'injection et cinq minutes, quarante minutes et une heure après. Au moment de cette dernière prise, le sang est redevenu coagulable.

A 1 centimètre cube d'une émulsion de globules de lapin au vingtième, on ajoute :

Quantités de sérum ou de plasma ajoutées en cent. cubes.	Sérum sanguin.	Plasma de sang pris cinq minutes après l'injection.	Plasma de sang pris 45 minutes après l'injection.	Sérum de sang pris une heure après l'injection.
0.4	Hém. forte.	Hém. forte.	Hém. forte.	Hém. forte.
0.3	— forte.	— forte.	— forte.	— moyenne.
0.2	— moyenne.	— moyenne.	— moyenne.	— moyenne.
0.15	— faible.	— moyenne.	— moyenne.	— faible.
0.10	— très faible.	— faible.	— faible.	— très faible.
0.05	— nulle.	— très faible.	— très faible.	— nulle.

En résumé, à forte dose, l'extrait de sangsues comme la propeptone a une action empêchante sur l'hémolyse.

A dose faible, mais suffisante pour empêcher la coagu-

lation, ajoutée tant *in vitro* qu'*in vivo*, on obtient un plasma hémolytique et, dans certains cas, même plus hémolytique que le sérum sanguin. Si l'on attend que la coagulabilité reparaisse, le sérum ainsi obtenu est moins hémolytique que le plasma de la prise précédente.

Ici, il est cependant difficile d'admettre, comme on pouvait le faire pour la propeptone, que les leucocytes altérés abandonnent leur alexine : l'extrait de sangsues n'a pas d'action leucolytique; il constitue plutôt, mêlé au sang, un milieu conservateur dans lequel les leucocytes n'abandonnent même pas le fibrin-ferment.

C. — *Plasma oxalaté et fluoré.*

Si l'on ajoute au sang sortant des vaisseaux une proportion d'oxalate neutre d'alcali capable d'en précipiter les sels de chaux (1), on rend ce sang non spontanément coagulable. En le centrifugeant rapidement, on obtient du plasma débarrassé de ses éléments figurés. Il suffit de 1 ‰ d'oxalate de soude pour obtenir ce résultat.

Nous avons procédé de la manière suivante : Nous plaçons dans un tube de l'appareil à force centrifuge 1 volume d'une solution à 5 ‰ d'oxalate neutre de soude et nous recevons dans ce tube 50 volumes de sang venant de la carotide par l'intermédiaire d'une courte canule. Le tube est retourné deux ou trois fois pour rendre le mélange homogène, puis porté immédiatement dans l'appareil à force centrifuge. La centrifugation est pro-

(1) ARTHUS et PAGES, *Archives de physiologie*, 1890, p. 739.

longée pendant un temps suffisant pour que le plasma soit totalement dépouillé de ses éléments figurés.

Le plasma ainsi obtenu est hémolytique. Comparé avec le sérum sanguin, il est en général plus hémolytique que ce dernier, parfois simplement autant, très rarement moins.

Voici à ce sujet deux protocoles d'expérience :

Expérience I.

Chien de 24 kilogrammes, saigné par la carotide. La préparation du plasma oxalaté se fait comme il a été décrit plus haut.

A 2 centimètres cubes d'une émulsion de globules de lapin au vingtième, on ajoute :

Quantités de sérum ou de plasma ajoutées en centimètres cubes.	Sérum sanguin.	Plasma oxalaté.
0.50	Hém. forte.	Hém. forte.
0.25	— forte.	— forte.
0.10	— forte.	— forte.
0.05	— moyenne.	— moyenne.

Expérience II.

Chienne de 8 kilogrammes. Préparée comme dans l'expérience précédente.

A 2 centimètres cubes d'une émulsion de globules de lapin au vingtième, on ajoute :

Quantités de sérum ou de plasma ajoutées en centimètres cubes.	Sérum sanguin.	Plasma oxalaté.
0.50	Hém. forte.	Hém. forte.
0.30	— forte.	— forte.
0.15	— moyenne.	— moyenne.
0.10	— faible.	— faible.
0.05	— très faible.	— très faible.

On obtient les mêmes résultats si on ajoute de l'oxalate à la lymphe recueillie au canal thoracique. Le pouvoir hémolytique du plasma de lymphe est, dans la plupart des cas, nettement supérieur à celui du sérum de lymphe normale.

Expérience III.

A 1 centimètre cube d'une émulsion de globules de lapin au vingtième, on ajoute :

Quantités de sérum ou de plasma ajoutées en centimètres cubes.	Sérum de lymphe.	Plasma de lymphe oxalaté.
1.00	Hém. forte.	Hém. forte.
0.50	— forte.	— forte.
0.25	— moyenne	— forte.
0.15	— faible.	— moyenne.
0.10	— très faible.	— faible.
0.05	— nulle.	— faible.

L'oxalate de soude n'a, en lui-même, aucune action, ni favorisante ni empêchante, sur l'hémolyse. Si l'on ajoute à du sérum hémolytique de l'oxalate dans la proportion de 1 ‰, le pouvoir hémolytique n'est pas modifié. Si l'on ajoute la même proportion d'oxalate à du sérum chauffé au préalable à 60° pendant une demi-heure pour détruire l'alexine, les globules s'y conservent intacts, comme dans le sérum chauffé non oxalaté :

Expérience IV.

A 2 centimètres cubes d'une émulsion de globules de lapin au vingtième, on ajoute :

Quantités de sérum ou de plasma ajoutées en cent. cubes.	Sérum sanguin.	Sérum sanguin additionné de 4 ‰ d'oxalate.	Plasma oxalaté.	Sérum sanguin chauffé.	Sérum sanguin chauffé additionné de 4 ‰ d'oxalate.
0.50	Hém. forte.	Hém. forte.	Hém. forte.	Hém. nulle.	Hém. nulle.
0.30	— forte.	— forte.	— forte.	— nulle.	— nulle.
0.20	— moyenne.	— moyenne.	— moyenne.	— nulle.	— nulle.
0.15	— faible.	— faible.	— faible.	— nulle.	— nulle.
0.10	— nulle.	— nulle.	— faible.	— nulle.	— nulle.
0.05	— nulle.	— nulle.	— très faible.	— nulle.	— nulle.

Le plasma oxalaté du sang de chien étant hémolytique, il est évident qu'il contient l'alexine, et comme, le plus souvent, il est plus hémolytique que le sérum, il faut bien admettre qu'il en contient davantage.

Mais le plasma oxalaté n'est pas du plasma normal. Il se pourrait que l'oxalate ajouté au sang à cette dose de 1 ‰ détruisît les leucocytes qui abandonneraient alors l'alexine qu'ils détiennent.

Il est facile de s'assurer que les leucocytes ne sont nullement détruits dans le sang oxalaté. Nous avons fait de nombreuses numérations leucocytaires qui nous ont montré que le sang oxalaté contient sensiblement le même nombre de leucocytes que le sang normal et que ces leucocytes s'y conservent pendant plusieurs heures sans diminuer de nombre.

Expérience V.

Chien de 5 kilogrammes. Canule paraffinée dans la carotide.

On reçoit dans un tube paraffiné, contenant 1 volume de solution physiologique, 50 volumes de sang. On mélange et l'on fait immédiatement une numération leucocytaire. On reçoit dans un autre tube paraffiné, contenant 1 volume d'une solution d'oxalate de soude à 5 ‰, également 50 volumes de sang. On fait des numérations leucocytaires du sang de ce tube immédiatement après la prise, puis cinq minutes, une et six heures, en agitant chaque fois le tube.

Le sang normal contenait 6,900 leucocytes par millimètre cube.

Le sang oxalaté contenait 6,800 leucocytes par millimètre cube, immédiatement après la prise.

Le sang oxalaté contenait 6,950 leucocytes par millimètre cube cinq minutes après la prise.

Le sang oxalaté contenait 6,700 leucocytes par millimètre cube une heure après la prise.

Le sang oxalaté contenait 7,100 leucocytes par millimètre cube six heures après la prise.

Les globules blancs ne diminuent donc pas de nombre dans le sang oxalaté.

Mais s'ils ne sont pas détruits, ne subissent-ils pas une avarie ayant pour résultat l'abandon de l'alexine?

Si, dans le sang oxalaté, les leucocytes s'altèrent, le plasma fourni par ce sang devra être d'autant plus hémolytique que l'on aura attendu plus longtemps avant de le séparer des globules par la force centrifuge. On prépare, par exemple, quatre tubes de sang oxalaté. Le premier tube est soumis immédiatement à la force centrifuge et le plasma pipeté. Le second n'est centrifugé qu'un quart d'heure après la prise; le troisième, une demi-heure, et le quatrième, trois heures après la prise.

Si l'on compare le pouvoir hémolytique des quatre plasmas ainsi obtenus, on constate qu'il est exactement le même, tandis qu'il devrait être plus prononcé dans les derniers tubes que dans les premiers, si les leucocytes avaient subi une altération progressive.

On peut objecter à cette expérience que l'avarie des leucocytes se produit immédiatement, au moment même du mélange du sang avec l'oxalate, et ne progresse plus dans la suite. Il est facile de réfuter cette objection. On peut, en effet, par le procédé des tubes paraffinés dont nous parlerons plus loin, obtenir un plasma où l'altération des leucocytes est très minime. Or, en comparant le pouvoir hémolytique de ce plasma avec celui du plasma oxalaté, on voit qu'il est sensiblement le même. Il est

évident que, si les leucocytes avaient, sous l'influence de l'oxalate, abandonné brusquement une grande quantité d'alexine, le plasma oxalaté serait beaucoup plus hémolytique que le plasma paraffiné.

Le plasma oxalaté coagule lorsqu'on y ajoute des sels de chaux. Si l'on étudie le pouvoir hémolytique du sérum exsudé du plasma oxalaté coagulé par addition de CaCl_2 , on constate que ce sérum est, en règle générale, moins hémolytique que le plasma dont il provient. Il est, suivant les cas, aussi hémolytique ou un peu moins que le sérum sanguin. Ce n'est pas la présence du sel de chaux qui est la cause de cet affaiblissement du pouvoir hémolytique, ainsi que le montre la comparaison avec du sérum sanguin auquel on ajoute la même proportion de CaCl_2 . Voici le protocole d'une de ces expériences :

Expérience VI.

A 2 centimètres cubes d'une émulsion de globules de lapin au vingtième, on ajoute :

Quantités de sérum ou de plasma ajoutées en cent. cubes.	Sérum sanguin.	Sérum sanguin additionné de CaCl_2 .	Plasma oxalaté.	Sérum exsudé du plasma oxalaté coagulé par addition de CaCl_2 .
0.40	Hém. forte.	Hém. forte.	Hém. forte.	Hém. forte.
0.30	— moyenne.	— moyenne.	— forte.	— moyenne.
0.20	— faible.	— moyenne.	— moyenne.	— faible.
0.15	— faible.	— faible.	— moyenne.	— très faible.
0.10	— très faible.	— très faible.	— moyenne.	— nulle.
0.05	— nulle.	— nulle.	— faible.	— nulle.

Quelques expériences faites avec du plasma fluoré ont donné sensiblement les mêmes résultats que ceux obtenus avec le plasma oxalaté.

Avant de passer à l'étude du plasma paraffiné et du plasma de la veine, nous voulons attirer l'attention sur deux points : tout d'abord, dans les procédés employés, le plasma s'est montré hémolytique et, en règle générale, plus hémolytique que le sérum ; lorsque la coagulabilité reparait ou si l'on provoque la coagulation du plasma, le sérum exsudé est presque toujours moins hémolytique que le plasma.

L'objection que tous ces plasmas contiennent des substances étrangères et ne peuvent, par suite, être assimilés au plasma normal, est évidemment sérieuse, mais elle perdra beaucoup de sa valeur si les plasmas obtenus sans addition de substance étrangère se comportent comme les précédents.

Et c'est ce qui arrive en effet.

D. — *Plasma paraffiné.*

Le procédé des vases paraffinés, de Freund, permet d'obtenir du plasma pur, aussi voisin que possible du plasma normal.

Il est inutile d'en décrire longuement la technique : le sang est puisé dans la carotide par l'intermédiaire d'une canule recouverte intérieurement d'une couche de paraffine, reçu directement dans un tube paraffiné plongé lui-même dans un tube plus grand contenant de l'eau, dans laquelle nagent quelques fragments de glace. Le tout est placé dans une machine à force centrifuge mue par l'électricité et douée d'un mouvement de rotation

très rapide. Au bout de quelques minutes, une dizaine environ, on arrête la centrifugation. Le sang s'est partagé en trois couches : une couche de globules rouges, une couche de globules blancs et le plasma. On décante rapidement environ les deux tiers supérieurs du plasma (l'autre tiers contenant, en effet, beaucoup plus de leucocytes), on les verse dans un nouveau tube paraffiné et on centrifuge à nouveau pendant une quinzaine de minutes. On recommence trois ou quatre fois cette manœuvre en décantant chaque fois les deux tiers supérieurs du plasma et en prolongeant un peu plus la durée de la centrifugation. On obtient, de cette façon, un plasma où l'examen microscopique ne permet plus de déceler un seul leucocyte.

Si l'opération a bien réussi, le plasma reste longtemps liquide et, placé dans des tubes en verre, ne coagule qu'après quinze ou vingt minutes. Il ne contient donc qu'extrêmement peu de fibrin-ferment.

Ce procédé est délicat et échoue souvent, surtout chez le chien, dont le sang coagule très rapidement. C'est généralement au moment de la première centrifugation que la coagulation se produit. Elle survient surtout si l'on ne dispose pas d'une machine centrifuge à rotation très rapide.

Le plasma ainsi obtenu est, pour juger de son pouvoir hémolytique, introduit dans des tubes contenant une émulsion de globules rouges de cobaye ou de lapin au vingtième. Il faut avoir soin d'agiter vivement chaque tube immédiatement après l'introduction du plasma pour répartir celui-ci dans tout le liquide et l'empêcher de se prendre en un petit culot coagulé. Après deux heures à

l'étuve à 57°, on agite de nouveau les tubes et on les centrifuge. On constate que le plasma paraffiné est nettement hémolytique, et si on le compare au sérum sanguin, on voit qu'il est, en règle générale, plus hémolytique que ce dernier; dans certains cas, il l'est simplement autant, jamais il ne l'est moins.

Voici les protocoles de deux de ces expériences :

Expérience I.

Chien de 18 kilogrammes.

A 2 centimètres cubes d'une émulsion de globules de cobaye au vingtième, on ajoute :

Quantités de sérum . ou de plasma ajoutées en centimètres cubes.	Sérum sanguin.	Plasma paraffiné.
0.20	Hém. moyenne.	Hém. forte.
0.15	— faible.	— moyenne.
0.10	— faible.	— faible.
0.05	— nulle.	— faible.

Expérience II.

Chien de 6 kilogrammes.

A 2 centimètres cubes d'une émulsion de globules de lapin au vingtième, on ajoute :

Quantités de sérum ou de plasma ajoutées en centimètres cubes.	Sérum sanguin.	Plasma paraffiné.
0.50	Hém. forte.	Hém. forte.
0.30	— forte.	— forte.
0.20	— moyenne.	— forte.
0.15	— moyenne.	— moyenne.
0.10	— faible.	— moyenne.
0.05	— très faible.	— faible.

Si l'on verse le plasma paraffiné dans un tube de verre, que l'on attende la coagulation et que l'on recueille le sérum exsudé du plasma coagulé, comme le faisait Gengou dans ses recherches sur le pouvoir bactéricide, on constate que ce sérum est, dans la plupart des cas, moins hémolytique que le plasma dont il provient. Il est tantôt un peu plus, tantôt autant, tantôt moins hémolytique que le sérum sanguin. Voici les tableaux de deux expériences :

Expérience III.

Chien de 8 kilogrammes.

A 2 centimètres cubes d'une émulsion de globules de cobaye au vingtième, on ajoute :

Quantités de sérum ou de plasma ajoutées en cent. cubes.	Sérum sanguin.	Plasma paraffiné.	Sérum exsudé du plasma coagulé.
0.40	Hém. forte.	Hém. forte.	Hém. forte.
0.30	— forte.	— forte.	— forte.
0.20	— forte.	— forte.	— forte.
0.15	— moyenne.	— forte.	— moyenne.
0.10	— faible.	— moyenne.	— faible.
0.05	— nulle.	— faible.	— nulle.

Expérience IV.

Chien de 12 kilogrammes.

A 2 centimètres cubes d'une émulsion de globules de lapin au vingtième, on ajoute :

Quantités de sérum ou de plasma ajoutées en cent. cubes.	Sérum sanguin.	Plasma paraffiné.	Sérum exsudé du plasma coagulé.
0.40	Hém. forte.	Hém. forte.	Hém. forte.
0.30	— forte.	— forte.	— forte.
0.20	— moyenne.	— forte.	— moyenne.
0.15	— moyenne.	— moyenne.	— moyenne.
0.10	— faible.	— moyenne.	— faible.
0.05	— faible.	— faible.	— nulle.

Des expériences qui précèdent, il résulte que le procédé de Freund nous fournit un plasma très voisin du plasma normal, ne recevant aucune substance étrangère, coagulant très lentement, où, par conséquent, l'altération leucocytaire est excessivement minime, et qui cependant se montre aussi hémolytique et souvent même plus hémolytique que le sérum sanguin; que, d'autre part, si, au lieu d'employer le plasma lui-même, on se sert du

sérum qui en exsude après la coagulation, on constate que ce sérum est moins hémolytique que le plasma et souvent même moins que le sérum sanguin.

E. — *Procédé de la veine isolée.*

On opère sur de très grands chiens de 25 à 50 kilogrammes. On isole entre des ligatures, sur la plus grande étendue possible, les deux veines jugulaires, au cou, en liant très soigneusement et très près de la veine toutes les collatérales, même les plus petites. On suspend ces veines dans des tubes étroits et on les centrifuge. Après une heure ou une heure et demie, on arrête la centrifugation. Le sang s'est séparé en globules et plasma, et l'on voit nettement, par transparence, au-dessus des globules rouges, une notable couche de globules blancs. On fait alors une ligature à une certaine distance au-dessus des globules blancs pour isoler le plasma.

Si l'on ouvre la veine et qu'on recueille le plasma dans un vase en verre, il coagule rapidement. Un examen microscopique montre qu'il contient encore des globules blancs, quoique très peu nombreux. La coagulation est parfois tellement rapide au sortir de la veine qu'on n'a pas le temps de répartir le plasma dans les tubes contenant l'émulsion globulaire. Cette rapide coagulation est due à la présence des quelques leucocytes qui, au contact du verre, abandonnent brusquement leur fibrin-ferment.

Le plasma ainsi coagulé fournit un sérum, lequel, introduit dans des tubes contenant des globules de lapin, se montre le plus souvent moins hémolytique, parfois autant, que le sérum sanguin correspondant. Exemple :

Expérience I.

Chien de 55 kilogrammes. Veines jugulaires isolées.

A 2 centimètres cubes d'une émulsion de globules de lapin au vingtième, on ajoute :

Quantités de sérum ou de plasma ajoutées en centimètres cubes.	Sérum sanguin.	Sérum exsudé du plasma de la veine.
0.50	Hém. forte.	Hém. moyenne.
0.25	— moyenne.	— faible.
0.10	— moyenne.	— très faible.
0.05	— faible.	— nulle.

Expérience II.

Chien de 29 kilogrammes. Isolement de deux veines jugulaires.

A 2 centimètres cubes d'une émulsion de globules de lapin au vingtième, on ajoute :

Quantités de sérum ou de plasma ajoutées en centimètres cubes.	Sérum sanguin.	Sérum exsudé du plasma coagulé de la veine.
0.50	Hém. moyenne.	Hém. moyenne.
0.20	— moyenne.	— moyenne.
0.10	— faible.	— faible.
0.05	— très faible.	— très faible.

Si, au contraire, la coagulation n'est pas aussi rapide et qu'on ait le temps de répartir le plasma dans les tubes, on constate que le plasma est plus hémolytique ou autant que le sérum sanguin. Voici les protocoles de deux expériences :

Expérience III.

Chien de 54 kilogrammes ; veine jugulaire isolée.

A 2 centimètres cubes d'une émulsion de globules de lapin au dixième, on ajoute :

Quantités de sérum ou de plasma ajoutées en centimètres cubes.	Sérum sanguin.	Plasma de la veine.
0.30	Hém. moyenne.	Hém. moyenne.
0.10	— faible.	— moyenne.
0.05	— très faible.	— faible.

Expérience IV.

Chien de 52 kilogrammes ; veine jugulaire isolée.

A 2 centimètres cubes d'une émulsion de globules de cobaye au vingtième, on ajoute :

Quantités de sérum ou de plasma ajoutées en centimètres cubes.	Sérum sanguin.	Plasma de la veine.
0.20	Hém. faible.	Hém. faible.
0.10	— faible.	— faible.
0.05	— nulle.	— nulle.

Les jugulaires, même chez les grands chiens, ne fournissent que peu de plasma. Nous avons, dans certains cas, ouvert rapidement l'abdomen et extrait entre des ligatures la veine cave inférieure. Nous n'avons réussi qu'une fois à obtenir un plasma à coagulation assez lente pour pouvoir être réparti dans les tubes. Il était très légèrement plus hémolytique que le sérum sanguin.

On peut, au moyen de certaines précautions, éviter cette rapide coagulation du plasma au sortir de la veine.

Voici comment on procède : Après extirpation et centrifugation prolongée des jugulaires ou de la veine cave, on sépare par une ligature le plasma des globules. On place les segments de veine contenant le plasma dans un tube que l'on entoure de glace. D'autre part, on entoure aussi de glace un petit tube paraffiné surmonté d'un entonnoir, également paraffiné, portant un petit filtre. Le mieux est de faire toutes ces manipulations en hiver, dans un local où la température est voisine de 0°.

Au bout de quelques minutes, on ouvre les segments de veines et on laisse couler le plasma sur le filtre. Cette filtration à froid est répétée deux ou trois fois. Elle a pour résultat de débarrasser le plasma des quelques leucocytes qui s'y trouvaient encore malgré la centrifugation.

Ainsi préparé, le plasma coagule beaucoup moins rapidement. Même introduit dans un vase en verre, on a facilement le temps de le répartir dans les tubes contenant les globules de lapin.

Il est évident qu'un pareil plasma ne diffère que fort peu du plasma du sang circulant. Aucune substance étrangère n'y est ajoutée. Le plus grand nombre des leucocytes est éloigné par la force centrifuge, dans l'inté-

rieur même du vaisseau et, par conséquent, sans subir aucune altération.

Or, ce plasma est hémolytique, le plus souvent plus hémolytique, parfois simplement autant que le sérum sanguin correspondant. Voici les résultats de deux de ces expériences :

Expérience V.

Chien de 25 kilogrammes. Isolement des jugulaires.

A 2 centimètres cubes d'une émulsion de globules rouges de cobaye au vingtième, on ajoute :

Quantités de sérum ou de plasma ajoutées en centimètres cubes.	Sérum sanguin.	Plasma de la veine.
0.25	Hém. forte.	Hém. forte.
0.20	— forte.	— forte.
0.15	— forte.	— forte.
0.10	— moyenne.	— moyenne.
0.05	— faible.	— faible.

Expérience VI.

Chien de 29 kilogrammes. Isolement des jugulaires.

A 2 centimètres cubes d'une émulsion de globules rouges de cobaye au vingtième, on ajoute :

Quantités de sérum ou de plasma ajoutées en centimètres cubes.	Sérum sanguin.	Plasma de la veine.
0.15	Hém. moyenne.	Hém. moyenne.
0.10	— faible.	— moyenne.
0.05	— nulle.	— faible.

Ici encore, si l'expérience échoue, c'est-à-dire si le plasma coagule, le sérum qui en exsude est hémolytique au même degré ou, plus souvent, plus faiblement que le sérum sanguin.

De l'ensemble de ces expériences chez le chien, il résulte que le plasma sanguin, quel que soit le procédé employé pour l'obtenir, est hémolytique. Le plus souvent, il l'est plus que le sérum sanguin correspondant ; dans certains cas, il l'est simplement autant.

Le plasma contient donc l'alexine et il en contient autant ou plus que le sérum. Il faut donc bien admettre que l'alexine existe dans le sang circulant.

Un autre fait intéressant résulte de ces expériences : après la coagulation du plasma, le sérum exsudé est

presque toujours moins hémolytique que ne l'était le plasma lui-même.

La seule explication possible de ce fait est qu'une partie de l'alexine est retenue dans le caillot. Pour beaucoup d'auteurs, l'alexine est une enzyme ou une substance voisine des enzymes. Or, c'est précisément une propriété générale des ferments d'adhérer plus ou moins aux précipités floconneux qui se forment dans leur solution. Il n'y a, *a priori*, rien que de très vraisemblable à ce que l'alexine, ferment ou non, se fixe plus ou moins au réticulum de fibrine qui apparaît au moment de la coagulation.

Le sérum exsudé du plasma coagulé est, dans certains cas, aussi hémolytique que le sérum sanguin, mais souvent aussi il l'est un peu moins.

Ces différences s'expliquent aisément : le sang complet au moment où il coagule contient tous ses leucocytes ; le plasma provenant du sang longuement centrifugé, au contraire, n'en contient que peu ou pas du tout. Au moment de la coagulation du sang complet, un certain nombre des leucocytes sont détruits, et, puisque l'alexine est d'origine leucocytaire, ils abandonneront, au moment de leur destruction, l'alexine dont ils sont encore chargés. Envisageons à la lumière de cette hypothèse les divers cas qui se présentent :

Le plasma est plus hémolytique que le sérum sanguin : c'est le cas le plus fréquent. L'alexine existe dans le sang circulant, mais, au moment de la coagulation, une partie de l'alexine reste fixée dans le caillot. La quantité d'alexine qui reste ainsi fixée est plus forte que la quantité d'alexine résultant de la destruction des leucocytes au moment de la coagulation.

Le plasma et le sérum sanguin ont le même pouvoir hémolytique. La quantité d'alexine provenant de la destruction des leucocytes est précisément égale à la quantité d'alexine qui reste fixée au caillot.

Le sérum est plus hémolytique que le plasma (ce fait ne s'est produit que tout à fait exceptionnellement dans nos expériences). Le caillot a retenu moins d'alexine que n'en ont abandonné les leucocytes, ceux-ci étant vraisemblablement fortement chargés d'alexine.

Le sérum exsudé du plasma coagulé est aussi hémolytique que le plasma lui-même. Ce fait aussi est exceptionnel, mais peut s'expliquer en admettant que dans ce cas l'alexine ne s'est pas du tout fixée à la fibrine.

Le sérum exsudé du plasma est moins hémolytique que le plasma lui-même. C'est la règle : une quantité plus ou moins forte d'alexine est restée adhérente au caillot.

Le sérum exsudé du plasma est plus hémolytique ou autant que le sérum sanguin : les leucocytes, dans ce cas, étaient peu nombreux ou peu chargés d'alexine, et le caillot sanguin a retenu plus d'alexine que le caillot plasmatique.

Enfin, le sérum exsudé du plasma est moins hémolytique que le sérum sanguin : les leucocytes ont abandonné plus d'alexine que le caillot sanguin n'en a fixé.

Expériences chez le lapin.

Chez le lapin, nous n'avons, pour obtenir du plasma, recouru qu'à deux procédés : les tubes paraffinés et l'oxalate de soude. Le procédé de la veine est évidem-

ment inapplicable ici. Soit dit en passant, il est beaucoup plus facile d'obtenir du plasma paraffiné chez le lapin que chez le chien. On sait, du reste, que le sang de lapin coagule moins rapidement que le sang de chien; mais ici, comme pour le chien, il y a de grandes différences d'un animal à l'autre.

Chez le lapin, on arrive facilement, au moyen des tubes paraffinés, et en prenant la précaution de décanter plusieurs fois le plasma et de centrifuger longtemps dans un appareil à rotation rapide, à obtenir un plasma dépourvu de leucocytes et qui, placé dans des tubes de verre, ne coagule que très lentement, au bout de vingt ou trente minutes.

Le pouvoir hémolytique du sérum et du plasma est essayé sur une émulsion de globules rouges de coq dilués au vingtième dans la solution physiologique.

Le plasma oxalaté est préparé de la même façon que chez le chien.

Chez le lapin, le plasma tant paraffiné qu'oxalaté est presque toujours plus hémolytique que le sérum sanguin; la différence est plus marquée que chez le chien.

On constate, en outre, que le plasma paraffiné et le plasma oxalaté ont sensiblement même pouvoir hémolytique.

Si l'on fait coaguler le plasma, le sérum qui en exsude est moins hémolytique que le plasma dont il provient. Il a, en général, exactement le même pouvoir hémolytique que le sérum sanguin. Nous avons précédemment, à propos des expériences sur le chien, exposé comment on devait, à notre sens, interpréter ce fait.

Nous nous bornerons, pour le lapin, à donner deux protocoles de nos expériences.

Expérience I.

Lapin.

A 2 centimètres cubes d'une émulsion de globules de coq au vingtième, on ajoute :

Quantités de sérum ou de plasma ajoutées en cent. cubes.	Sérum sanguin. Sérum sanguin. oxalaté.	Sérum sanguin oxalaté.	Plasma oxalaté.	Plasma paraffiné.	Sérum exsudé du plasma paraffiné coagulé.
0.50	Hém. forte.	Hém. forte.	Hém. forte.	Hém. forte.	Hém. forte.
0.40	— forte.	— forte.	— forte.	— forte.	— forte.
0.30	— forte.	— forte.	— forte.	— forte.	— forte.
0.20	— forte.	— forte.	— forte.	— forte.	— forte.
0.15	— moyenne.	— moyenne.	— forte.	— forte.	— moyenne.
0.10	— faible.	— faible.	— moyenne.	— moyenne.	— faible.
0.05	— très faible.	— très faible.	— moyenne.	— moyenne.	— très faible.

Expérience II.

Lapin.

A 2 centimètres cubes d'une émulsion de globules de coq au quarantième, on ajoute :

Quantités de sérum ou de plasma ajoutées en cent. cubes.	Sérum sanguin.	Sérum sanguin oxalaté.	Plasma oxalaté.	Plasma paraffiné.	Sérum exsudé du plasma paraffiné coagulé.
0.40	Hém. forte.	Hém. forte.	Hém. forte.	Hém. forte.	Hém. forte.
0.30	— forte.	— forte.	— forte.	— forte.	— forte.
0.20	— forte.	— forte.	— forte.	— forte.	— forte.
0.15	— moyenne.	— moyenne.	— forte.	— forte.	— moyenne.
0.10	— faible.	— faible.	— forte.	— forte.	— faible.
0.05	— nulle.	— très faible.	— moyenne.	— moyenne.	— nulle.

Expériences sur le bœuf, le mouton et le porc.

Nous avons déjà fait remarquer précédemment que, seuls, les plasmas obtenus par le procédé de la veine isolée ou des tubes paraffinés pouvaient être assimilés au plasma normal. Mais nous avons, d'autre part, établi, par des dosages comparatifs, que le plasma oxalaté ne différait pas, au point de vue de l'hémolyse, du plasma paraffiné chez le chien et le lapin. Cette circonstance nous a décidé à étudier le plasma oxalaté chez le bœuf, le mouton et le porc, chez lesquels les autres procédés ne sont pas applicables.

La prise de sang se fait à l'abattoir même. Une portion du sang est reçue dans un vase en verre et abandonnée à la coagulation. Une autre portion est reçue dans une solution d'oxalate de soude à 5 % en quantité telle que le mélange contient 1 ‰ d'oxalate. Le sang est immédiatement apporté au laboratoire et centrifugé.

Le pouvoir hémolytique du sérum et du plasma est essayé sur des globules de lapin dilués au vingtième dans une solution physiologique.

Chez le bœuf, le pouvoir hémolytique du plasma est tantôt un peu plus fort que celui du sérum sanguin, tantôt et plus souvent exactement le même.

Si, par addition de quelques gouttes d'une solution à 6 % de CaCl_2 , on provoque la coagulation du plasma, le sérum qui en exsude est un peu moins hémolytique que le plasma, il est aussi hémolytique que le sérum sanguin, ou un peu moins. L'addition de la même quantité de CaCl_2 au sérum sanguin ne modifie en rien son pouvoir hémolytique.

Voici les protocoles de deux de ces expériences :

Expérience I.

Sang de bœuf.

A 2 centimètres cubes d'une émulsion de globules rouges de lapin au vingtième, on ajoute :

Quantités de sérum ou de plasma ajoutées en cent. cubes.	Sérum sanguin.	Sérum sanguin oxalaté.	Plasma oxalaté.	Sérum exsudé du plasma oxalaté coagulé par add. de CaCl_2 .
1	Hém. forte.	Hém. forte.	Hém. forte.	Hém. forte.
0.75	— forte.	— forte.	— forte.	— forte.
0.50	— forte.	— forte.	— forte.	— forte.
0.40	— forte.	— forte.	— forte.	— forte.
0.30	— forte.	— forte.	— forte.	— forte.
0.20	— forte.	— forte.	— forte.	— forte.
0.15	— moyenne.	— moyenne.	— forte.	— moyenne.
0.10	— faible.	— faible.	— moyenne.	— faible.
0.05	— très faible.	— très faible.	— faible.	— très faible.

Expérience II.

Sang de bœuf.

A 2 centimètres cubes d'une émulsion de globules rouges de lapin au trentième, on ajoute :

Quantités de sérum ou de plasma ajoutées en cent. cubes.	Sérum sanguin. oxalaté.	Sérum sanguin oxalaté.	Sérum exsudé du plasma oxalaté coagulé par CaCl_2 .	Sérum sanguin additionné de CaCl_2 .
0.30	Hém. forte.	Hém. forte.	Hém. forte.	Hém. forte.
0.20	— forte.	— forte.	— forte.	— forte.
0.15	— forte.	— forte.	— moyenne.	— forte.
0.10	— moyenne.	— moyenne.	— faible.	— moyenne.
0.05	— très faible.	— très faible.	— nulle.	— faible.

On obtient sensiblement les mêmes résultats avec le sang de mouton et le sang de porc. Nous nous bornerons à donner un protocole d'expérience pour chacun d'eux.

Expérience III.

Sang de mouton.

A 2 centimètres cubes d'une émulsion de globules rouges de lapin au vingtième, on ajoute :

Quantités de sérum ou de plasma ajoutées en cent. cubes.	Sérum sanguin.	Plasma oxalaté.	Sérum exsudé du plasma oxalaté coagulé par add. de CaCl_2 .	Sérum sanguin additionné de CaCl_2 .
0.40	Hém. forte.	Hém. forte.	Hém. moyenne.	Hém. forte.
0.30	— moyenne.	— moyenne.	— moyenne.	— moyenne.
0.20	— faible.	— moyenne.	— faible.	— faible.
0.15	— faible.	— faible.	— très faible.	— faible.
0.10	— très faible.	— faible.	— très faible.	— très faible.
0.05	— nulle.	— très faible.	— nulle.	— nulle.

Expérience IV.

Sang de porc.

A 2 centimètres cubes d'une émulsion de globules rouges de lapin au vingtième, on ajoute :

Quantités de sérum ou de plasma ajoutées en cent. cubes.	Sérum sanguin.	Plasma oxalaté.	Sérum exsudé du plasma oxalaté coagulé par add. de CaCl_2 .	Sérum sanguin additionné de CaCl_2 .
0.60	Hém. faible.	Hém. moyenne.	Hém. faible.	Hém. faible.
0.40	— faible.	— faible.	— faible.	— faible.
0.30	— très faible.	— faible.	— très faible.	— très faible.
0.20	— très faible.	— faible.	— nulle.	— très faible.
0.15	— nulle.	— très faible.	— nulle.	— nulle.
0.10	— nulle.	— très faible.	— nulle.	— nulle.

Expériences chez les oiseaux.

On sait, depuis les travaux de Delezenne (1), qu'il est très facile d'obtenir du plasma d'oiseau qui ne coagule pas spontanément.

Il suffit de recueillir le sang à travers une canule parfaitement propre, en évitant soigneusement le contact avec la plaie, et de le centrifuger rapidement. Il n'est même pas besoin de paraffiner les tubes.

Le plasma ainsi obtenu ne diffère en rien du plasma normal. Il était donc tout indiqué de s'adresser au sang d'oiseau dans cette étude du pouvoir hémolytique des plasmas.

Nous nous sommes adressé au sang de coq et de poule. Nous avons employé des canules et des tubes paraffinés, non que cela soit indispensable, mais pour éviter aux leucocytes le contact avec des parois de verre.

Voici comment nous procédons : Une carotide du coq est mise à nu et l'on y introduit une canule paraffinée intérieurement. On laisse couler au dehors les premières gouttes, puis on reçoit le sang dans des tubes paraffinés.

Une partie des tubes est abandonnée à la coagulation spontanée, soit sans plus, soit, pour gagner du temps, en y ajoutant un petit caillot pris sur les bords de la plaie. (Soit dit en passant, chez le coq, le sérum sort excessivement lentement et péniblement du caillot.)

Une autre partie des tubes est placée immédiatement dans la machine à force centrifuge. Après centrifugation

(1) DELEZENNE, *Archives de physiologie*, 1891.

de quinze à vingt minutes, les globules rouges se sont déposés, surmontés d'une couche de globules blancs. On décante rapidement la moitié ou les deux tiers supérieurs du plasma, que l'on verse dans un autre tube paraffiné. On centrifuge à nouveau, mais pendant plus longtemps, et l'on recommence encore deux ou trois fois la même manœuvre. On obtient ainsi un plasma totalement exempt de leucocytes, et qui, placé dans des tubes de verre, ne coagule pas spontanément.

Nous avons pu, en opérant de façon stérile, conserver des plasmas ainsi préparés pendant deux mois sans que la coagulation survint. Pour faire coaguler de pareils plasmas, il faut y ajouter un peu de sérum ou de fibrin-ferment. Il est donc bien certain que l'altération leucocytaire est pour ainsi dire nulle.

Dans un certain nombre d'expériences, nous avons préparé en même temps du plasma oxalaté de coq.

L'action hémolytique s'exerce sur des globules rouges de lapin.

Chez le coq, comme chez tous les autres animaux qui ont été essayés à ce point de vue, le plasma est hémolytique et il l'est plus que le sérum sanguin; mais ici la différence est beaucoup plus marquée que chez les autres animaux. Elle est réellement considérable.

D'autre part, si l'on fait coaguler le plasma (en y ajoutant un tout petit caillot, par exemple), on obtient un sérum beaucoup moins hémolytique que le plasma dont il provient et, en règle générale, moins hémolytique que le sérum sanguin lui-même. Les résultats sont extrêmement nets et constants.

Nous nous bornerons à citer deux protocoles d'expériences, tous les autres étant identiques.

Expérience I.

Sang de coq.

A 2 centimètres cubes d'une émulsion de globules de lapin au vingtième, on ajoute :

Quantités de sérum ou de plasma ajoutées en cent. cubes.	Sérum sanguin.	Plasma oxalaté.	Plasma paraffiné.	Sérum exsudé du plasma paraffiné coagulé.
0.40	Hém. moyenne.	Hém. forte.	Hém. forte.	Hém. faible.
0.30	— faible.	— forte.	— forte.	— très faible.
0.20	— faible.	— forte.	— forte.	— très faible.
0.15	— faible.	— moyenne.	— moyenne.	— très faible.
0.10	— très faible.	— moyenne.	— moyenne.	— nulle.
0.05	— nulle.	— faible.	— faible.	— nulle.

Expérience II.

Sang de coq.

A 2 centimètres cubes d'une émulsion de globules de lapin au vingtième, on ajoute :

Quantités de sérum ou de plasma ajoutées en cent. cubes.	Sérum sanguin.	Plasma paraffiné.	Sérum exsudé du plasma paraffiné coagulé.
0.30	Hém. forte.	Hém. forte.	Hém. forte.
0.20	— forte.	— forte.	— forte.
0.15	— moyenne.	— forte.	— moyenne.
0.10	— moyenne.	— forte.	— faible.
0.05	— moyenne.	— forte.	— très faible.

Cette différence si marquée entre le pouvoir hémolytique du plasma et celui du sérum sanguin d'une part ; d'autre part, cet affaiblissement si prononcé du pouvoir hémolytique du plasma, après sa coagulation, ne peuvent s'expliquer qu'en admettant que l'alexine existe en liberté dans le plasma et qu'au moment de la coagulation, une grande partie de l'alexine est retenue dans le caillot. Lors de la coagulation du sang complet, les leucocytes

détruits fournissent une certaine quantité d'alexine, de sorte que le sérum exsudé de ce caillot est plus hémolytique que le sérum exsudé du plasma coagulé.

Conclusions. — Chez tous les animaux dont nous avons étudié le sang, tous les procédés pour obtenir du plasma, aussi bien ceux qui ne comportent l'addition d'aucune substance étrangère au sang que ceux qui nécessitent l'emploi de ces substances, ont conduit au même résultat : ils nous ont fourni des plasmas contenant de l'alexine, et le plus souvent en contenant plus que les sérums sanguins correspondants.

Il est dès lors hors de doute que l'alexine existe, sécrétée par les leucocytes, dans le sang circulant, et que, par conséquent, ce dernier doit jouer un rôle important, peut-être même équivalent ou supérieur à celui de la phagocytose, dans le mécanisme de l'immunité.

Le plasma de la veine, chez le chien, où les leucocytes sont enlevés dans l'intérieur même du vaisseau et, par suite, sans subir aucune altération, et le plasma du sang d'oiseau, où la coagulation spontanée est impossible par absence de fibrin-ferment, sont particulièrement démonstratifs à cet égard.

Nous avons montré, en outre, que la coagulation, tant du sang complet que du plasma, entraîne la rétention dans le caillot d'une plus ou moins grande partie de l'alexine hémolytique qui adhère probablement au réticulum fibrineux.

Travail de l'Institut de physiologie
de l'Université de Liège.

Sur l'acide difluoracétique; par Fréd. Swarts, professeur à l'École du Génie civil annexée à l'Université de Gand.

J'ai observé pour la première fois l'acide difluoracétique $\text{CHFl}_2\text{-CO}_2\text{H}$ dans l'oxydation de l'éther difluoréthylo-méthylique $\text{CHFl}_2\text{-CH}_2\text{-O-CH}_3$ (*). Je l'ai obtenu plus tard par l'oxydation de l'alcool bifluoré $\text{CHFl}_2\text{-CO}_2\text{H}$, soit par l'acide chromique, soit par le permanganate de potassium (**).

Cette dernière réaction fournit la méthode la plus économique d'obtention de l'acide difluoracétique; la préparation de l'alcool bifluoré étant en somme assez facile et donnant des rendements fort satisfaisants.

J'ai employé le plus souvent comme agent oxydant, soit le mélange de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ et d' H_2SO_4 , soit l'anhydride chromique en solution dans une quantité calculée d' H_2SO_4 étendu de trois fois son poids d'eau.

Comme l'oxydation de l'alcool bifluoré se fait avec un dégagement de chaleur très considérable, suffisant pour porter le liquide à l'ébullition, j'opère dans un ballon muni d'un réfrigérant ascendant.

La solution de bichromate ou de CrO_3 et d'acide sulfurique est introduite en une fois dans le ballon; j'y laisse couler goutte à goutte, à l'aide d'un entonnoir à

(*) *Sur quelques dérivés fluobromés en C_2* [quatrième communication]. (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, 1901, pp. 384-414.)

(**) *Sur l'alcool bifluoré* (IBID., 1902, pp. 731-760.)

robinet, la quantité équivalente d'alcool bifluoré étendu de son volume d'eau. La réaction se produit immédiatement et d'une manière très régulière si le débit de l'entonnoir à robinet est convenablement réglé.

La transformation achevée, je distille le contenu du ballon dans le vide, en chauffant d'abord au bain-marie. L'eau distille en premier lieu, puis l'acide difluoracétique. Il n'est pas possible d'extraire complètement ce dernier par distillation au bain-marie sous une pression de 20 millimètres; l'opération doit être achevée au bain de sable. A la fin, la solution de sel chromique vert devient extrêmement pâteuse, se boursoufle énormément, ce qui exige l'emploi d'un ballon de grandes dimensions. Il est impossible, à cause de la consistance visqueuse de la masse, de la faire traverser par un filet d'air et d'assurer ainsi une distillation plus régulière.

Le sel se déshydrate complètement contre les parois du ballon, tandis que les parties centrales, soustraites partiellement à l'action de la chaleur par une croûte mauvaise conductrice de sel anhydre, restent vertes et visqueuses. Aussi ne parvient-on pas à obtenir une dessiccation complète de la masse, même en chauffant le ballon jusqu'à ramollissement du verre; une certaine quantité d'acide difluoracétique est ainsi retenue. A la fin de l'opération, il se dégage un peu d'acide fluorhydrique; le ballon et le réfrigérant sont quelque peu attaqués.

On ne réussit pas à extraire du magma de sulfate de chrome l'acide difluoracétique qu'il enrobe par épuisement à l'éther. Mais en dissolvant la masse dans l'eau et en distillant la solution aqueuse sous pression réduite, après addition d'une quantité d'acide sulfurique concentré

égale à la moitié du poids d'eau, on peut encore recueillir une certaine quantité d'acide difluoracétique. C'est ainsi que dans une opération j'avais obtenu 26 grammes d'acide à la première distillation; une deuxième distillation du résidu avec H_2SO_4 étendu en fournit encore 6 grammes.

La manière de procéder que je viens de décrire présente le défaut de nécessiter la distillation d'une grande quantité d'eau et de donner ainsi un acide très étendu.

Pour éviter les inconvénients que présente cette méthode de préparation, j'ai par la suite modifié légèrement la technique opératoire.

J'avais songé à remédier à l'ennui de devoir distiller une masse d'eau considérable en opérant avec des solutions concentrées d'anhydride chromique, ne contenant que la quantité d'eau absolument nécessaire pour maintenir CrO_3 en solution en présence de H_2SO_4 . Mais dans ces conditions, l'oxydation devient trop violente, la molécule d'acide difluoracétique est détruite à son tour avec formation d'acide fluorhydrique. La destruction partielle de l'acide difluoracétique ne peut même être complètement évitée quand on opère aux concentrations plus faibles que j'ai indiquées plus haut, et c'est à elle qu'est dû le dégagement d'acide fluorhydrique que l'on observe à la distillation du produit de réaction. En effet, ce n'est pas l'acide sulfurique concentré qui provoque la destruction, car on peut distiller l'acide difluoracétique en présence d'acide sulfurique de n'importe quelle concentration sans qu'il se produise une attaque de l'angle fluoré.

C'est pour parer à ce nouvel inconvénient que j'ai travaillé de la manière suivante :

Le ballon, muni d'un réfrigérant ascendant, porte deux entonnoirs à robinet, renfermant l'un une solution

à 60 % d'anhydride chromique, l'autre l'alcool bifluoré (une molécule-gramme).

J'introduis dans le ballon 100 centimètres cubes d'eau, puis 50 centimètres cubes d'acide sulfurique concentré ; j'y laisse ensuite couler 25 centimètres cubes de la solution d'anhydride chromique ; l'alcool bifluoré est alors amené goutte à goutte. Le liquide s'échauffe rapidement, entre en ébullition, et celle-ci se maintient spontanément pendant toute la durée de l'oxydation de l'alcool. Quand la coloration rouge-orangé de CrO_3 a complètement disparu, j'ajoute progressivement de nouvelles quantités de la solution oxydante jusqu'à introduction de la quantité théoriquement nécessaire à l'oxydation d'une molécule-gramme d'alcool. L'acide sulfurique est introduit en trois fois, par portions de 50 centimètres cubes. J'en emploie ainsi 150 centimètres cubes, au lieu de 110, exigés par la théorie.

Le procédé que je viens de décrire permet d'opérer avec un minimum d'eau tout en évitant l'emploi de solutions oxydantes trop concentrées. Quand l'opération est terminée, je laisse refroidir le ballon, puis j'y ajoute prudemment 500 centimètres cubes d'acide sulfurique concentré et je distille. L'addition d'une grande quantité d' H_2SO_4 concentré évite la prise en pâte du sulfate de chrome pendant la distillation et assure ainsi un rendement plus avantageux.

La distillation se fait au bain de glycérine et sous une pression de 20 millimètres. Le liquide reste suffisamment fluide pendant toute la durée de l'opération pour qu'il soit facile d'y faire barboter un mince filet d'air. Au début, il se dégage un peu d'acide fluorhydrique et de fluorure de silicium, puis la distillation se fait régulière-

ment. La chauffe du ballon est maintenue jusqu'à ce qu'un thermomètre plongeant dans le liquide marque 150° .

Le produit distillé est exactement neutralisé par le carbonate de sodium, puis évaporé dans le vide jusqu'à siccité. Le résidu salin est repris par l'alcool bouillant. Le difluoracétate de sodium est très soluble dans ce dissolvant chaud, ce qui permet de le séparer d'une petite quantité de fluorure et de fluosilicate de sodium que renferme le produit brut. On filtre à chaud et l'on évapore la solution alcoolique au bain-marie jusqu'à siccité. Le difluoracétate de sodium est alors desséché complètement dans le vide sec. On peut aussi le séparer de la solution alcoolique en ajoutant à celle-ci trois à quatre fois son volume d'éther. Le difluoracétate de sodium précipite complètement. On le lave plusieurs fois à l'éther et on le sèche dans le vide.

Le rendement est bon : j'ai obtenu 105 grammes de difluoracétate de sodium aux dépens de 82 grammes d'alcool bifluoré. Le rendement théorique est de 118 grammes.

Pour isoler l'acide difluoracétique, on distille le difluoracétate de sodium sec avec un excès d'acide sulfurique concentré. L'acide difluoracétique distille sans décomposition entre 150° et 140° . Il retient très énergiquement l'eau ; pour l'obtenir anhydre, on doit le distiller dans le vide avec un grand excès (trois fois son volume) d'acide sulfurique concentré, auquel on a ajouté une petite quantité d'acide sulfurique fumant. On chauffe à 110° ; l'acide difluoracétique bout entre 67° et 70° sous 20 millimètres de pression. En rectifiant le produit à l'abri de l'humidité atmosphérique au déphlegmateur de

Lebel, on récolte un produit qui passe complètement à la distillation à $154^{\circ},2$ (corrigé) sous 766 millimètres de pression.

Pour obtenir un produit rigoureusement pur, j'ai eu recours à la cristallisation fractionnée. J'ai isolé ainsi, par congélations partielles successives, de l'acide difluoracétique dont le point de fusion, absolument constant, était de $0^{\circ},55$. Ce corps bouillait également à $154^{\circ},2$. De petites quantités d'eau abaissent notablement le point de congélation (voir plus loin).

L'acide difluoracétique est un liquide incolore, fumant légèrement à l'air, d'une odeur piquante rappelant celle de l'acide acétique glacial et qui corrode la peau. Sa densité à $+ 10^{\circ}$ est de 1.5559. Il est miscible en toutes proportions à l'eau et aux dissolvants organiques. Il n'attaque pas le verre, sauf au rouge. Sa vapeur est inflammable; elle brûle avec une flamme bleue non éclairante en donnant de l'anhydride carbonique et de l'acide fluorhydrique



Quand on fait passer cette vapeur à travers un tube en verre de Bohême chauffé jusqu'à commencement de ramollissement, l'acide difluoracétique est complètement décomposé. Il se forme du fluorure de silicium, de l'oxyde de carbone et de l'anhydride carbonique; en même temps, il se produit sur les parois du tube, en amont des parties les plus chaudes, un mince dépôt de charbon.

Dans le but d'avoir quelques indications plus précises sur la marche de cette transformation, j'ai opéré de manière à pouvoir recueillir et doser les gaz produits.

J'ai étiré un tube mince en verre de Bohême et j'ai

glissé à l'extrémité fermée une petite ampoule ouverte contenant de l'acide difluoracétique. Le tube fut placé dans un fourneau de manière à pouvoir le chauffer sur une longueur de 50 centimètres, la portion renfermant l'acide difluoracétique restant en dehors du fourneau. L'ouverture du tube fut reliée à une burette à gaz de Hempel-Winkler, puis le vide fait dans l'appareil. Le tube ayant été chauffé ensuite jusqu'à ramollissement partiel, j'ai déterminé l'évaporation lente de l'acide difluoracétique.

J'ai recueilli 114^{cc},5 de gaz (pression : 748 millimètres, température : 18°,5), qui furent analysés par les méthodes connues. Ils renfermaient 41^{cc},2 de fluorure de silicium, 29^{cc},2 d'anhydride carbonique, 65^{cc},9 d'oxyde de carbone et 8 centimètres cubes d'hydrogène, soit :

H	7 %
CO	57.65 %
CO ₂	25.54 %
SiF ₄	9.80 %.

La proportion de fluorure de silicium recueilli ne peut donner d'indications précises sur la marche de la réaction : elle est, en effet, liée à la composition du verre. De plus, je n'ai pu réaliser dans le tube une température suffisamment élevée pour assurer une décomposition complète des fluosilicates pendant la durée de l'expérience.

Les proportions relatives de CO₂, CO et H ainsi que de carbone déposé sur les parois du tube fournissent, au contraire, quelques renseignements sur la marche de la réaction.

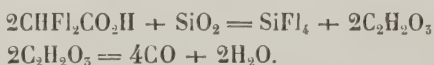
Pour doser le carbone formé, j'ai brisé la pointe étirée

du tube et j'ai tout d'abord soigneusement balayé par un courant d'air sec tout l'acide difluoracétique qui avait pu se condenser dans la partie du tube restée relativement froide pendant l'expérience.

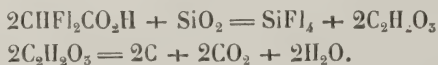
J'ai ensuite brûlé le carbone dans un courant d'oxygène : un tube en U renfermant des perles mouillées d'une solution de fluorure de sodium était interposé entre le tube à combustion et l'appareil de Geissler servant à absorber CO_2 . Je fixais ainsi le fluorure de silicium provenant de la décomposition des fluosilicates formés aux dépens du verre.

J'ai obtenu une quantité d'anhydride carbonique dont le volume, dans les mêmes conditions de température et de pression que les gaz recueillis dans la décomposition, eût été de $21^{\text{cc}},5$.

Il ressort de ces données que la décomposition de l'acide difluoracétique peut se faire de deux manières différentes. L'une partie se détruit d'après les équations :



L'autre partie est dédoublée de la manière suivante :



La quantité d'anhydride carbonique formé devrait donc être équivalente à la quantité de carbone déposé; il n'en est pas ainsi : elle est plus grande. Ce fait résulte de l'action de CO , ou peut-être du carbone lui-même sur l'eau :



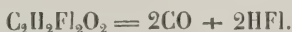
L'excès d'anhydride carbonique recueilli dans la

décomposition sur celui que fournit la combustion du carbone déposé, soit $29,2 - 21,5 = 7^{\text{cc}},9$, doit occuper un volume égal à celui de l'hydrogène produit. Il en est sensiblement ainsi.

La formation du fluorure de silicium et de l'oxyde de carbone n'est cependant pas due uniquement à la décomposition de l'acide glyoxylique produit par l'action du verre.

On constate, en effet, que l'attaque du verre se fait sur toute la longueur du tube, tandis que le dépôt de charbon n'apparaît que sur la partie du tube située en amont des parties les plus chaudes. Si la formation du fluorure de silicium était liée à la production d'acide glyoxylique, le verre devrait rester indemne au delà de la région où se fait cette réaction.

Seulement l'acide difluoracétique subit au rouge une décomposition en acide fluorhydrique et oxyde de carbone :



J'ai constaté que c'est ainsi que la réaction se fait quand les vapeurs d'acide difluoracétique sont conduites à travers un tube de platine chauffé au rouge. La surface intérieure du tube ne présente pas de traces de dépôt de carbone : la réaction de carbonisation ne se produit plus et les gaz qui s'échappent sont formés d'acide fluorhydrique, que j'ai dosé acidimétriquement, et d'oxyde de carbone.

Dans un tube de verre, les deux transformations s'établissent simultanément ; une partie de l'acide difluoracétique est simplement dédoublée en oxyde de carbone et acide fluorhydrique qui réagit secondairement sur le verre ; une autre est attaquée par les silicates ; il se forme

primitivement du fluorure de silicium et l'oxygène vient remplacer le fluor, avec formation d'acide glyoxylique, qui se détruit immédiatement. Cette formation d'acide glyoxylique se fait à une température plus basse que le dédoublement en acide fluorhydrique et oxyde de carbone.

Plus le courant de vapeur d'acide difluoracétique est rapide et moins l'action du verre a le temps de se produire; la quantité de vapeur non attaquée qui arrive dans les parties les plus chaudes du tube est plus considérable et, dans cette région, elle se dédouble en oxyde de carbone et acide fluorhydrique. C'est ainsi que les proportions relatives de carbone, d'oxyde de carbone et d'anhydride carbonique formés ne sont pas constantes. Je citerai notamment une expérience dans laquelle la volatilisation de l'acide avait été conduite plus rapidement. La carbonisation était beaucoup moins importante et le gaz renfermait 61.8 % d'oxyde de carbone et 18.2 % d'anhydride carbonique. La proportion de fluorure de silicium était restée nécessairement la même.

La courbe des points de congélation des mélanges d'acide difluoracétique et d'eau présente des particularités intéressantes.

Ces points de congélation ont été déterminés pour les solutions d'acide difluoracétique dans l'eau, jusqu'à la concentration de 46.6 % d'acide, à l'aide de l'appareil connu de Beckmann.

Pour déterminer les points de congélation des dissolutions d'eau dans l'acide difluoracétique, je me suis servi d'un thermomètre au toluol contrôlé et gradué au cinquième de degré, permettant aisément l'appréciation du dixième de degré. Le liquide à étudier était placé dans

un vase à doubles parois, plongeant dans de l'acétone. Celle-ci était amenée à une température suffisamment basse pour provoquer la congélation par addition de CO_2 solide.

L'acide difluoracétique aqueux d'une certaine concentration se maintient en surfusion avec une persistance remarquable. Ce fait se constate pour les solutions d'une concentration en eau supérieure à 9 % et inférieure à 40 %. La température peut parfois être abaissée de 25° au-dessous du point de fusion sans que la cristallisation se fasse. Le liquide devient visqueux, mais l'agitation la plus énergique ne l'amène pas à cristalliser. Quand la température est devenue suffisamment basse, la cristallisation se fait en masse.

Opérer dans de telles conditions eût évidemment donné des résultats absolument fantaisistes; aussi les points de fusion ont-ils été déterminés de la manière suivante : Une première expérience fixait le point de fusion approximatif par une cristallisation spontanée. Les cristaux étaient ensuite fondus, le liquide refroidi à 5° - 4° au-dessous du point de fusion approché. La cristallisation était alors provoquée par l'addition d'un petit cristal, obtenu en refroidissant à -80° un échantillon d'une solution de même concentration.

Chaque point de fusion a été déterminé à plusieurs reprises pour éviter les erreurs dues à un refroidissement trop énergique. La température du bain d'acétone était inférieure de 5° - 6° à celle du point de fusion à prendre, la surfusion limitée à 2° au plus dans les mesures définitives.

L'appareil que j'ai employé n'est, en somme, qu'un

appareil de Beckmann dans lequel l'échelle du thermomètre embrasse 100°. Il expose à une erreur considérable (qui peut atteindre 5°), due au fait que toute la colonne liquide, ou à peu près, est en dehors du liquide dont on mesure la température. Or, le coefficient de dilatation apparent du toluol est très grand; il en résulte que l'erreur, négligeable dans un thermomètre de Beckmann, dont l'échelle n'a d'ailleurs que quelques degrés, devient très importante ici.

Il n'est pas possible d'établir *a priori* la correction à faire, car toute la colonne thermométrique n'est pas à la même température; la partie se trouvant dans le vase à doubles parois a évidemment une température variable et qu'il est impossible d'apprécier avec quelque exactitude. J'ai cherché une formule de correction empirique, convenant aux conditions opératoires que j'avais adoptées et dont l'exactitude a été établie par comparaison. J'ai trouvé ainsi que la valeur à retrancher des indications du thermomètre était donnée par l'expression

$$\tau = \frac{(C - 10)(t - t_0)}{1000},$$

C étant la hauteur, exprimée en degrés, de la colonne thermométrique émergée, t la température lue et t_0 la température du laboratoire à 10 centimètres au-dessus de l'appareil. La formule donne des résultats exacts à 0°,1 près pour le thermomètre employé, c'est-à-dire compatibles avec le degré de précision de l'instrument.

Le tableau ci-dessous donne les résultats que j'ai obtenus. Il comprend l'ensemble de cinq séries de

mesures indépendantes. Celles-ci ont surtout été nombreuses dans le voisinage de certains points intéressants. Les concentrations en eau et en acide sont exprimées en %; les températures sont corrigées.

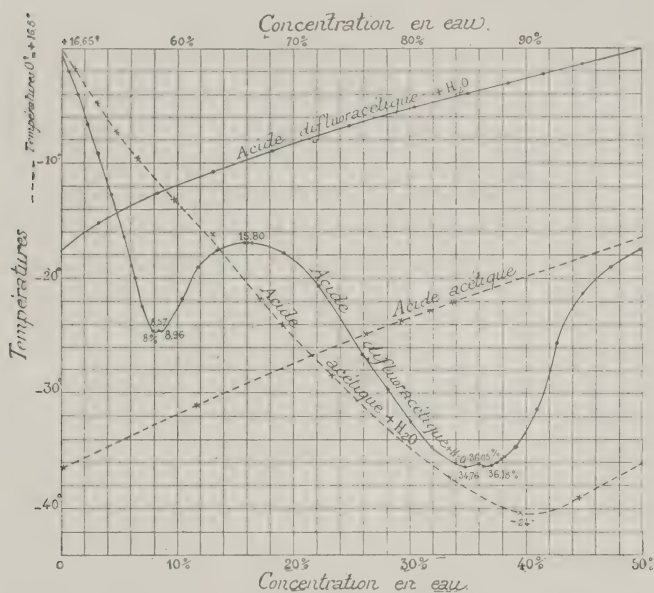
Concentration en acide.	Concentration en eau.	Point de congélation.
100 %	0 %	- 0°,35
99.2	0.8	- 2°
98.43	1.57	- 4°
97.63	2.37	- 6°,7
96.68	3.32	- 9°,2
95.56	4.44	- 12°,6
94.69	5.31	- 15°,4
93.65	6.35	- 20°
92.92	7.08	- 22°,4
92.00	8.00	- 24°,6
91.97	8.03	- 24°,7
91.43	8.57	- 24°,5
91.04	8.96	- 24°,6
89.55	10.55	- 21°,8
88.05	11.95	- 18°,9
86.31	13.69	- 17°,5
84.11	15.89	- 16°,8
83.89	16.11	- 16°,9
83.56	16.44	- 17°
80.71	19.29	- 17°,7
77.77	22.23	- 20°,7
74.07	25.93	- 26°,6
71.67	28.33	- 29°,5
69.42	30.58	- 32°,5
68.15	31.85	- 34°,7

Concentration en acide.	Concentration en eau.	Point de congélation.
67.89 %	33.11 %	-35°,5
65.24	34.76	-36°,3
63.99	36.01	-36°,05
63.82	36.18	-36°,4
63.53	36.47	-36°,25
63.17	36.83	-36°,1
62.43	37.57	-35°,6
61.92	38.08	-35°,3
69.71	39.29	-34°,7
59.00	41.00	-31°,4
57.32	42.69	-25°,7
56.6	43.4	-24°,4
53.9	46.1	-21°
49.1	50.9	-17°,3
46.6	53.4	-15°,19
41.62	58.38	-12°,55
36.80	63.20	-10°,799
31.71	68.29	- 8°,805
25.05	74.95	- 6°,723
19.54	89.46	- 5°,152
14.82	85.16	- 3°,872
11.51	88.49	- 3°,041
8.31	91.69	- 2°,217
5.07	94.93	- 1°,382
0	100	0°

Je joins à ce tableau un graphique de la courbe des points de fusion. Les abscisses donnent les concentrations, les ordonnées les températures de congélation.

La première partie de la courbe, presque rectiligne, donne le point de congélation des solutions d'eau dans l'acide difluoracétique. A la concentration de 8.05 % se forme un cryohydrate dont le point de fusion est —24°,7.

Une augmentation de la teneur en eau jusqu'à 8.57 % élève le point de fusion de $0^{\circ},2$ à $-24^{\circ},5$. L'acide difluoracétique aqueux se solidifie complètement à cette tem-



pérature, celle-ci ne variant pas de $0^{\circ},1$ pendant toute la durée de la congélation. La composition du mélange à cette concentration est représentée exactement par la formule $2C_2H_2F_2O_2 \cdot H_2O$. Puis la température de congélation s'abaisse très légèrement avec l'augmentation de la teneur en eau (8.96 %) et s'élève ensuite rapidement jusqu'à $-16^{\circ},8$, maximum absolu, correspondant à la formation d'un hydrate $C_2H_2F_2O_2 \cdot H_2O$, qui se fige complètement à cette température. La portion ascendante de la courbe comprise entre les abscisses 8.96 et 15.9, prises en sens inverse, représente donc la variation du

point de fusion de la carbérine $\text{CHFl}_2 - \text{C} \begin{cases} \text{OH} \\ \text{OH} \\ \text{OH} \end{cases}$ par

addition d'acide difluoracétique. La température de congélation s'abaisse ensuite, lentement d'abord, rapidement ensuite, et atteint $-56^{\circ},5$ ($x = 54.76 \%$); puis elle se relève jusque $-56^{\circ},05$, température à laquelle cristallise l'hydrate $\text{C}_2\text{H}_2\text{Fl}_2\text{O}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Après s'être infléchie à $-56^{\circ},4$, qui est un nouveau point cryohydratique, la courbe s'élève, très lentement d'abord; elle subit une dernière inflexion aux concentrations voisines de 50% et prend ensuite une direction sensiblement rectiligne.

La courbe présente donc entre ses points terminaux un maximum absolu, défini par les coordonnées

$$(x = 15.9, \quad y = -16.8)$$

et deux maxima secondaires

$$(x = 8.57, \quad y = -24.6)$$

et

$$(x = 36.01, \quad y = -36.05),$$

dont les coordonnées sont très voisines des minima de la courbe. Ceux-ci forment deux groupes, l'un dont les coordonnées sont

$$x = 8.05, \quad y = -24.7$$

et

$$x = 8.96, \quad y = -24.6,$$

l'autre déterminé par les deux points

$$x = 54.76, \quad y = -56.3$$

et

$$x = 56.18, \quad y = -36.4.$$

Ces deux groupes de minima correspondent chacun aux cryohydrates que les combinaisons $2\text{C}_2\text{H}_2\text{Fl}_2\text{O}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ et $\text{C}_2\text{H}_2\text{Fl}_2\text{O}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ forment, soit avec l'acide difluoracé-

tique, soit avec l'eau. Ces cryohydrates doivent avoir un point de fusion inférieur à l'hydrate lui-même. Le faible écart entre le point de fusion des hydrates définis $2C_2H_2F_2O_2.H_2O$ et $C_2H_2F_2O_2.5H_2O$ et ceux de leurs cryohydrates montre que ces hydrates ne peuvent dissoudre que de minimes quantités soit d'acide, soit d'eau.

L'hydrate $C_2H_2F_2O_2.H_2O$ correspond au maximum absolu; tout mélange de composition voisine plus pauvre ou plus riche en eau ou en acide doit avoir un point de fusion inférieur à celui de ce composé défini.

Je ferai remarquer que la courbe ne paraît pas présenter de points anguleux; la formation des hydrates est donc graduelle; ce fait est surtout remarquable par les hydrates $C_2H_2F_2O_2.H_2O$ et $C_2H_2F_2O_2.5H_2O$.

Si l'on détermine les poids moléculaires de l'acide difluoracétique en solution aqueuse à l'aide des données fournies par ces expériences, on trouve les valeurs suivantes :

Teneur en acide de la solution exprimée en %.	Poids moléculaire exprimé en %.
5.07	71.5
8.31	76.2
11.51	79.2
14.82	83.2
19.54	88.4
25.05	91.9
31.71	98.1
36.8	105.4
41.62	103.6
46.6	104.2
49.1	104.3
53.9	103
56.6	98.2
57.32	96.7
59	82

On constate qu'aux faibles concentrations, le poids moléculaire est sensiblement inférieur à la valeur théorique 96, ce qui résulte de l'importance de l'ionisation chez l'acide difluoracétique. La concentration à 50 % donne un poids moléculaire normal. Pour des teneurs plus élevées en acide, on trouve un poids moléculaire supérieur à 96, preuve que l'acide difluoracétique s'associe quelque peu en solution aqueuse. C'est à cette association qu'est due l'obtention d'un poids moléculaire normal à la concentration de 50 %, à laquelle l'ionisation de l'acide difluoracétique n'est certainement pas nulle.

Entre 56 % et 50 %, le poids moléculaire ne varie guère, mais pour des concentrations supérieures, il diminue, médiocrement d'abord, très rapidement ensuite. Ceci concorde avec l'augmentation lente d'abord, importante ensuite, du coefficient angulaire de la courbe que nous obtenons à partir des concentrations voisines de 50 %. Cette variation est évidemment due à la formation de l'hydrate $C_2H_2F_2O_2 \cdot 5H_2O$, qui soustrait à cette solution, déjà concentrée, une forte quantité de dissolvant.

Pour montrer combien l'acide difluoracétique s'écarte de l'acide acétique au point de vue cryoscopique, j'ai tracé également sur le tableau, d'après les données de Rüdorff et Grimaux (*), la courbe des points de congélation des mélanges d'acide acétique et d'eau. Pour ne pas augmenter les dimensions de la figure, l'origine des y pour cette courbe a été abaissée de $16^\circ,5$.

Nous voyons que l'acide acétique et l'eau ne donnent

(*) GRIMAUZ und RÜDORFF, *Berichte der deutsche Chem. Gesellschaft*, Bd III, S. 390.

qu'un minimum correspondant à la formation de la carbérine $C_2H_4O_2.H_2O$.

Je me propose de faire des recherches cryoscopiques sur d'autres acides organiques en solution aqueuse, afin de reconnaître si cette allure remarquable de la courbe de solubilité de l'acide difluoracétique dans l'eau et réciproquement ne se représente pas ailleurs.

Les sels de l'acide difluoracétique se préparent aisément par la dissolution des oxydes ou des carbonates correspondants dans l'acide étendu. Comme ils sont beaucoup plus résistants à l'action de l'eau que les bromfluoracétates, leur préparation ne nécessite pas les précautions dont j'ai dû m'entourer pour l'obtention des bromfluoracétates. Les difluoracétates sont en général très solubles dans l'eau et solubles dans l'alcool; je n'ai pas constaté l'existence de sels insolubles.

Le *difluoracétate de sodium* $NaC_2HFl_2O_2$ est fort soluble dans l'eau dont il cristallise en grands cristaux prismatiques, qui deviennent déliquescents quand l'atmosphère est très humide. Il se dissout également bien dans l'alcool; il y est très soluble à chaud, mais assez peu à froid. L'addition à la solution alcoolique saturée à froid de trois fois son volume d'éther le précipite presque complètement en belles paillettes.

Le *difluoracétate de calcium* $Ca(C_2HFl_2O_2)_2$ cristallise en grands prismes non déliquescents et très solubles. Il est également soluble dans l'alcool.

Le *sel de baryum* a été décrit à propos de l'éther bifluoré. Je rappelle qu'il est très soluble dans l'eau, peu soluble dans l'alcool absolu, assez soluble dans l'alcool à 80°, dont il est précipité par l'éther et l'acétone.

Le *difluoracétate d'argent* $(\text{C}_2\text{HO}_2\text{Fl}_2)\text{Ag}$ cristallise en petites aiguilles, très solubles dans l'eau. Il se dissout bien dans l'alcool, surtout à chaud, et s'en sépare en gros cristaux durs non déliquescents. Il est soluble dans l'éther et même dans le benzol bouillant. Malheureusement sa solubilité dans ce dernier dissolvant n'est pas suffisante pour permettre de faire une série de déterminations de poids moléculaire de ce sel dans le benzol, comme je l'avais fait jadis pour le dichlorfluoracétate d'argent (*).

Le *difluoracétate de plomb* $(\text{C}_2\text{HFl}_2\text{O}_2)_2\text{Pb}$ est extrêmement soluble et déliquescent; un séjour prolongé de sa solution sous l'exsiccateur donne, après plusieurs semaines, une masse cristalline radiée, très soluble dans l'alcool. Une grande quantité d'éther le précipite de sa solution alcoolique.

Le *sel mercurique* $\text{Hg}(\text{C}_2\text{HFl}_2\text{O}_2)_2$ est également fort soluble dans l'eau et cristallise en prismes. L'ébullition en solution aqueuse le transforme en un sel basique.

En solution alcoolique, il se décompose également. L'évaporation spontanée de cette solution laisse un résidu insoluble de sel basique.

Comme le faisaient prévoir les puissantes affinités du fluor pour le carbone et les propriétés de l'acide fluoracétique que j'ai décrit autrefois, l'acide difluoracétique et ses sels sont beaucoup plus résistants à l'action des réactifs que les autres acides acétiques bisubstitués et leurs sels.

(*) Sur l'acide dichlorfluoracétique. (MÉM. COUR. ET AUTRES MÉM. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, t. LI.)

On sait que tous ces acides se décomposent aisément par l'eau avec formation d'acide glyoxylique; les bases ont une action beaucoup plus rapide.

Les dissolutions d'acide difluoracétique peuvent être chauffées pendant des jours à 100° sans que l'on observe la production d'acide fluorhydrique. A froid, les bases elles-mêmes n'ont pas d'action sur le chaînon -CHFl₂. Une dissolution décime-normale de difluoracétate de baryum fut additionnée d'un volume égal d'une solution décime-normale de baryte caustique et conservée à la température du laboratoire pendant un mois. Après ce laps de temps, on ne pouvait constater la production de traces de fluorure de baryum; le titre alcalin de la solution n'avait pas changé.

A chaud, la stabilité du radical -CHFl₂ vis-à-vis des bases n'est plus aussi grande et les solutions alcalines l'attaquent, quoique très lentement.

J'ai déterminé la vitesse de cette réaction à 99°,5 (étuve à eau bouillante) de la manière suivante :

Une solution étendue d'acide difluoracétique fut exactement neutralisée par la baryte caustique; j'y ajoutai ensuite une quantité de baryte égale à celle qu'avait nécessitée la neutralisation. La dissolution renfermait 0.05996 molécule de difluoracétate de baryum et de baryte caustique au litre; son titre alcalin était donc 0.11992. Des tubes en verre de Schott furent remplis de 50 centimètres cubes de cette solution, scellés à la lampe et placés à l'étuve. A des intervalles déterminés et assez longs, la réaction étant très lente, je prélevais un des tubes et j'y titrais la baryte inaltérée par l'acide sulfurique ⁿ/₅₀. (Indicateur phénol-phtaléine.)

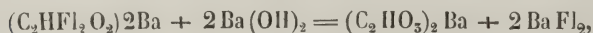
J'ai obtenu les résultats suivants :

Temps de chauffe exprimé en heures.	Nombre de centimètres cubes d'acide sulfurique $n/50$ nécessaires à la neutralisation.	% de difluoracétate décomposé.
0	299.8	—
103	278	3.96
499	257.6	7.03
457	215.0	14.94

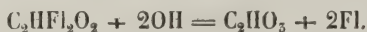
Comme on le voit, la réaction est très lente.

On sait le parti remarquable que van 't Hoff a tiré de l'étude des vitesses de réaction pour déterminer le nombre de molécules qui interviennent dans une réaction et en déduire la marche intime de celle-ci. J'ai étudié la transformation qui nous occupe à ce point de vue.

L'hypothèse la plus simple sur la marche de la réaction consiste à admettre qu'elle se fait suivant l'équation :



ou, en représentant seulement les ions réagissants :



Représentons par a et b les concentrations initiales respectives des ions $\text{C}_2\text{HFl}_2\text{O}_2$ et OH , par x le nombre d'ions OH disparus après le temps t .

Il restera à ce moment en présence $(b - x)$ ions OH et $\left(a - \frac{x}{2}\right)$ ions $\text{C}_2\text{HFl}_2\text{O}_2$. La vitesse de la réaction sera donc à ce moment :

$$\frac{dx}{dt} = k \left(a - \frac{x}{2}\right) (b - x)^2.$$

Dans les conditions d'expérience que j'avais adoptées, $a = b = 0.11992$ donc

$$\frac{dx}{dt} = k \left(a - \frac{x}{2}\right) (a - x)^2 = \frac{k}{2} (2a - x) (a - x)^2 \quad (1)$$

ou

$$\frac{k}{2} t = \int \frac{dx}{(a-x)^2 (2a-x)} = \int \frac{A dx}{(a-x)^2} + \int \frac{B dx}{(2a-x)(a-x)} \quad (2)$$

en posant

$$\frac{1}{(a-x)^2 (2a-x)} = \frac{A}{(a-x)^2} + \frac{B}{(2a-x)(a-x)}. \quad (5)$$

L'égalité (5) simplifiée donne

$$A(2a - x) + B(a - x) = 1.$$

Pour $x = a$

$$A = \frac{1}{a}.$$

En remplaçant A par cette valeur dans (5), on trouve

$$B = -\frac{1}{a}.$$

L'équation (2) devient

$$\frac{k}{2}t = \frac{1}{a} \int \frac{dx}{(a-x)^2} - \frac{1}{a} \int \frac{dx}{(2a-x)(a-x)}$$

ou

$$\frac{k}{2}t = \frac{1}{a(a-x)} - \frac{1}{a^2} \lg n \frac{2a-x}{a-x} + \text{constante.} \quad (4)$$

La constante d'intégration se détermine en posant $t = 0$; x est nul pour cette valeur de t ; donc

$$\text{constante} = \frac{1}{a^2} (\lg n 2 - 1).$$

En introduisant cette valeur dans l'équation (4), on trouve

$$\frac{k}{2}t = \frac{1}{a^2} \left(\frac{x}{a-x} - \lg n \frac{2a-x}{2(a-x)} \right). \quad (5)$$

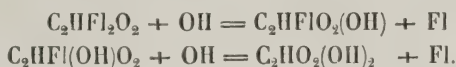
Le tableau suivant donne les valeurs de t , x et $(a-x)$, déduites des expériences, ainsi que la valeur de $\frac{k}{2}$ tirée de la formule (5).

t	x	$(a-x)$	$\frac{k}{2}$
403	0.00872	0.4412	0.0273
499	0.01691	0.403	0.0204
437	0.03394	0.086	0.0326

On reconnaît immédiatement que la valeur de k n'est pas constante, ce qui démontre que la réaction n'obéit pas à la condition (1) et ne se déroule, par conséquent, pas conformément à l'équation chimique adoptée.

J'ai donc recherché si une autre interprétation du phénomène chimique ne conduirait pas à un résultat plus satisfaisant dans la détermination de la constante spécifique de vitesse de réaction.

La transformation du difluoracétate en glyoxylate peut se faire en deux phases :



La réaction devient bimoléculaire dans ces conditions. De même que dans la première hypothèse, à la disparition de x ions OH correspond une réduction de concentration de $\frac{x}{2}$ de l'ion $\text{C}_2\text{HFl}_2\text{O}_2$; la réaction obéira donc à la condition

$$\frac{dx}{dt} = k \left(a - \frac{x}{2} \right) (a - x),$$

ou

$$\frac{k}{2} t = \int \frac{dx}{(2a - x)(a - x)} = \frac{1}{a} \lg \frac{2a - x}{a - x} + \text{constante. (6)}$$

En déterminant la constante comme précédemment, on trouve

$$\text{constante} = -\frac{1}{a} \lg 2.$$

En introduisant cette valeur dans l'équation (6), on obtient

$$\frac{k}{2} = \frac{1}{a} \lg \frac{2a - x}{2(a - x)t}.$$

Le tableau ci-joint donne les valeurs de k déduites des données expérimentales; elles sont calculées en logarithmes népériens.

t	x	$(a - x)$	$\frac{k}{2}$
403	0,0872	0,4442	0,00372
499	0,04691	0,403	0,00396
457	0,03394	0,086	0,00393

On voit que la valeur de k est sensiblement constante pour les trois déterminations et ne nous offre pas les écarts considérables qu'elle présentait dans l'hypothèse d'une réaction trimoléculaire. La première valeur est un peu faible, ce qui se présente toujours dans ce genre de déterminations. La différence est, d'ailleurs, de celles que l'on observe dans les recherches de cette espèce.

La réaction est donc bimoléculaire et se fait en deux phases.

Ce fait me paraît être une confirmation de l'interprétation que j'ai donnée de l'instabilité de l'acide brom-fluoracétique vis-à-vis de l'eau et des bases (*).

Je disais à ce propos : « Le chaînon - CHBrFl présente certainement un angle faible : c'est l'atome de brome.

(*) Contribution à l'étude des combinaisons organiques du fluor.
(MÉM COUR. ET AUTRES MÉM. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, t. LXI, p. 27.)

Si celui-ci se substitue par OH, il y a place pour la formation d'acide fluorhydrique dont la tendance à la formation doit être très considérable. Cette tendance à la formation d'un hydracide est, à n'en pas douter, beaucoup moins forte chez les acides dichlor- et dibromacétique et ne provoquerait pas la substitution préliminaire d'un atome de chlore ou de brome par OH. En somme, ce serait la présence simultanée du brome et du fluor qui entraînerait la fragilité de la molécule. »

Puisque l'hydrolyse de l'acide difluoracétique est une réaction bimoléculaire, il est plus que probable qu'il en est de même pour l'acide bromfluoracétique et qu'il se forme d'abord $\text{CH} \begin{smallmatrix} \swarrow \text{OH} \\ \searrow \text{Fl} \end{smallmatrix} \text{CO}_2\text{H}$. L'hypothèse que j'ai faite se trouve ainsi pleinement justifiée.

L'acide difluoracétique, comme l'acide fluoracétique(*), présente une résistance remarquable à l'action de l'hydrogène naissant, même en solution alcaline.

4^{gr},25 d'acide difluoracétique dissous dans 100 centimètres cubes d'eau ont été traités par 150 grammes, soit un grand excès, d'amalgame de sodium pur à 5 %. L'amalgame a été introduit en deux portions de 75 grammes, à un jour d'intervalle. L'appareil était refroidi pour éviter l'action saponifiante de la soude caustique. Après quatre jours, j'ai décanté le mercure, j'ai acidifié par l'acide acétique et traité par l'acétate de calcium. Le liquide est resté d'une limpidité parfaite, même après deux heures de chauffe au bain-marie et

(*) *Sur l'acide fluoracétique.* (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, 3^e sér., t. XXXI, pp. 675-688.)

évaporation du liquide à la moitié de son volume primitif. Il ne s'était donc pas formé de fluorure de sodium.

J'ai démontré dans une série de travaux antérieurs que le fluor possédait une fonction acidifiante plus prononcée que ses congénères. L'acide difluoracétique est le premier acide bifluoré connu. Il était intéressant de voir si le fluor conservait cette prédominance quand la substitution fluorée est multiple. J'ai donc déterminé la conductibilité électrique de l'acide difluoracétique.

Les résultats que je donne sont la moyenne de quatre séries de déterminations établies sur des échantillons différents; les différences d'une série à l'autre ne dépassaient pas 0.5 %. Les conductibilités sont exprimées en ohms, tandis que dans toutes les mesures que j'avais faites jusqu'ici, elles étaient données en unités Siemens, suivant un usage qui a prévalu longtemps.

La température d'observation est de 25°.

Volume de la solution contenant une molécule-gramme (en litres).	Conductibilité électrique.
4	149.4
8	191.7
16	238.0
32	283.7
64	323.2
128	357.1
256	378.9
512	389.5
1024	394.5

La conductibilité électrique du sel de sodium à la dilution de 52 litres était de 85.7, de 89 à la dilution $n/64$, ce qui donne pour conductibilité limite 99. En retranchant de cette valeur 51, nous trouvons 48 pour vitesse

de transport de l'ion $\text{C}_2\text{HFl}_2\text{O}_2$. La vitesse de transport de l'ion H étant de 547 (Ostwald), la conductibilité limite de l'acide difluoracétique est 595.

Il en résulte que le coefficient d'ionisation α et la constante de conductibilité électrique k sont de :

V	α	K
4	37.84	5.74
8	48.53	5.74
16	60.29	5.72
32	71.8	5.71
64	81.88	5.73
128	90.44	6.65
256	95.9	—
512	98.5	—
1024	99.8	—

Au delà de la dilution à 128 litres, la constante n'a plus été calculée, le degré de dissociation étant trop avancé pour permettre une détermination quelque peu exacte de cette grandeur.

On observe tout d'abord que si on laisse de côté la dernière valeur, dont l'exactitude ne peut plus être garantie, que les différentes valeurs de k concordent parfaitement et qu'elles ne subissent pas, comme je l'avais observé pour l'acide bromfluoracétique, une augmentation rapide aux concentrations élevées. Pour l'acide bromfluoracétique, la constante est de 9.64 à la dilution $n/4$; elle tombe à 6.5 aux dilutions comprises entre $n/32$ et $n/128$ (*).

(*) *Loc. cit.*, p. 35.

La comparaison entre ces deux acides nous montre en outre que l'acide difluoracétique a une constante de dissociation moins élevée que l'acide bromfluoracétique. On aurait pu s'attendre à trouver le contraire, puisque jusqu'ici j'ai constamment reconnu que la substitution du chlore ou du brome par le fluor exaltait le caractère acide.

Si nous comparons l'acide fluoracétique et l'acide difluoracétique, nous voyons que le premier a une constante de dissociation électrolytique de 0.218, c'est-à-dire vingt-six fois plus faible que celle du second.

Or, l'acide dichloracétique a pour constante 5.14, l'acide chloracétique 0.155. Ces deux nombres sont entre eux comme 55 : 1.

Dans mon travail sur l'acide bromfluoracétique, j'avais montré que la fonction acidifiante du fluor était à celle du chlore comme 1.57 : 1.

Ceci ne semble vrai que pour les acides bromofluorés, car l'acide difluoracétique devrait avoir une constante d'ionisation égale à 9.80, si cette relation se conservait pour les acides bifluorés.

La présence du premier atome de fluor dans la molécule aurait donc sur la fonction acidifiante du second une influence dépressive plus marquée que celle que l'on observe chez les autres halogènes.

Il sera intéressant de rechercher si ce fait se retrouve pour d'autres acides bifluorés; je suis parvenu à obtenir, en petites quantités, il est vrai, l'acide bromdifluoracétique $\text{CBrF}_2\text{-CO}_2\text{H}$. Il y aura lieu de le comparer, à ce point de vue, avec les autres acides acétiques trihalogénés dont j'ai étudié la conductibilité électrique.

J'ai essayé l'action du chlore et du brome sur l'acide difluoracétique dans le but d'obtenir un acide trihalogéné difluoré. La substitution de l'hydrogène du chaînon -CHF_2 est difficile à réaliser. J'ai pu faire barboter du chlore sec dans l'acide difluoracétique bouillant, même sous insolation directe, sans qu'il se produisît d'acide chlorhydrique.

Le remplacement par le brome en tubes scellés réussit mieux quand on opère en présence du bromure ferrique; la réaction est néanmoins très lente.

J'ai traité 12^{gr},2 d'acide difluoracétique par une quantité équimoléculaire de brome en présence d'un peu de fer. Fait curieux, le brome ne se dissout guère dans l'acide difluoracétique. Le tube renfermant les deux corps fut chauffé pendant vingt-cinq jours à 160°. Après ce temps, la couche de brome avait disparu. A l'ouverture du tube, il se dégagait abondamment de l'acide bromhydrique. Le produit brut fut distillé; j'obtins d'abord de l'acide difluoracétique inaltéré bouillant entre 150° et 155°, puis le thermomètre s'éleva lentement à 160°, ensuite rapidement à 190°. A ce moment, le produit qui passait à la distillation se décomposant, j'interrompis l'opération.

Le liquide distillant entre 145° et 160° donna par refroidissement de beaux cristaux tabulaires qui furent débarrassés des eaux mères par dessiccation sur de l'argile poreuse, puis séchés dans le vide et finalement recristallisés du chloroforme. J'obtins ainsi des paillettes incolores, fondant vers 40°. Le rendement était malheureusement médiocre. Je n'ai pu isoler que 0^{gr},7 de produit pur.

Pour en déterminer la nature, j'en ai fait un dosage

acidimétrique; 0^{gr},4622 de substance ont exigé 267^{cc},9 de soude caustique ⁿ/₁₀₀ pour être neutralisés, ce qui conduit au poids moléculaire 172.6. L'acide bromdifluoracétique a pour poids moléculaire 173.6.

Cette réaction sera étudiée plus complètement dans un travail ultérieur.

Je citerai encore, parmi les dérivés de l'acide difluoracétique, le difluoracétate d'éthyle, la difluoracétamide et le chlorure de difluoracétyle.

J'ai préparé le *difluoracétate d'éthyle* $\text{CHFl}_2\text{-CO}_2\text{-C}_2\text{H}_5$ en distillant au bain de glycérine ($t = 120^\circ$) un mélange de 8 parties d'alcool, de 50 parties d'acide sulfurique concentré et de 20 parties de difluoracétate de sodium.

L'éther difluoracétique distille entre 100° et 105° ; je l'ai lavé avec une solution étendue de carbonate de sodium, séché sur du chlorure de calcium et rectifié au déphlegmateur de Lebel. Il bout à $99^\circ,2$ (corr.). C'est un liquide incolore, très mobile, d'une odeur agréable d'acétate d'éthyle; il est insoluble dans l'eau et ne se combine pas au chlorure de calcium. Sa densité à $17^\circ,5$ est de 1.1800.

Je rappellerai que son isomère, l'acétate de difluoréthyle $\text{CHFl}_2\text{-CH}_2\text{-O-COCH}_3$, bout à 106° .

On sait que quand on remplace un ou plusieurs atomes d'hydrogène dans l'éther acétique par Cl ou Br, le point d'ébullition du produit obtenu par substitution de l'hydrogène dans le radical acide est inférieur à celui de l'éther halogéné dans le radical alcoolique. Le même fait se représente pour les éthers acétiques fluorés que j'ai préparés.

La grandeur du poids atomique de l'halogène ne semble

pas avoir d'influence déterminée sur cette différence, comme le montre le tableau suivant :

Éthers éthyliques des acides acétiques halogénés.	Point d'ébullition.	Éthers des alcools halogénés de l'acide acétique.	Point d'ébullition.	Différence.
$\text{CH}_2\text{Cl} - \text{CO}_2 - \text{C}_2\text{H}_5$	143°	$\text{CH}_2\text{Cl} - \text{CH}_2 - \text{CO}_2 - \text{CH}_3$	145°	+ 2°
$\text{CHCl}_2 - \text{CO}_2 - \text{C}_2\text{H}_5$	157°, 7	$\text{CHCl}_2 - \text{CH}_2 - \text{CO}_2 - \text{CH}_3$	167°	+ 9°, 3
$\text{CH}_2\text{Br} - \text{CO}_2 - \text{C}_2\text{H}_5$	159°	$\text{CH}_2\text{Br} - \text{CH}_2 - \text{CO}_2 - \text{CH}_3$	161° - 163°	+ 2° - 4°
$\text{CHBr}_2 - \text{CO}_2 - \text{C}_2\text{H}_5$	192°	$\text{CHBr}_2 - \text{CH}_2 - \text{CO}_2 - \text{CH}_3$	193° - 195°	+ 1° - 3°
$\text{CHFCl}_2 - \text{CO}_2 - \text{C}_2\text{H}_5$	99°, 2	$\text{CHFCl}_2 - \text{CH}_2 - \text{CO}_2 - \text{CH}_3$	106°	+ 6°, 8

La *difluoracétamide* $\text{CHFl}_2\text{-CO-NH}_2$ s'obtient par l'action d'une solution concentrée d'ammoniaque sur le difluoracétate d'éthyle. L'éther disparaît presque immédiatement quand on l'agite avec une solution à 15 % d' NH_3 . Pour isoler l'amide, j'épuise à plusieurs reprises la solution aqueuse par l'éther; l'évaporation de la solution éthérée donne de grands prismes, très solubles dans l'eau et l'alcool. La difluoracétamide est peu soluble dans le chloroforme bouillant, presque insoluble dans ce dissolvant froid, qui constitue son meilleur agent de purification. L'amide en cristallise en belles aiguilles, fusibles à $50^\circ,2$, qui se volatilisent déjà lentement à la température ordinaire.

Le *chlorure de difluoracétyle* $\text{CHFl}_2\text{-COCl}$ se forme par l'action du pentachlorure de phosphore sur l'acide difluoracétique. La réaction est très vive et il est fort malaisé de condenser le produit très volatil qui se forme, à cause des torrents d'acide chlorhydrique qui s'échappent en même temps. Si l'on dirige les vapeurs dans un tube en U refroidi à -20° , on parvient à condenser une partie du chlorure acide en un liquide très mobile, fumant à l'air et qui bout à $+25^\circ$. En raison de la grande volatilité de ce corps, le rendement est très mauvais.

Si l'on compare les points d'ébullition des acides acétiques bihalogénés bromés avec ceux des acides fluorés correspondants, on constate une différence régulière de 50° par atome de brome remplacé.

Acides.	Point d'ébullition.	Différence.
$\text{CHBr}_2\text{CO}_2\text{H}$	234°	
$\text{CHBr}_2\text{FlCO}_2\text{H}$	183°	51°
$\text{CHFl}_2\text{CO}_2\text{H}$	134°	49°

Cette chute du point d'ébullition est plus grande que celle que j'ai observée jadis pour les acides fluor- et brom-acétique, dont la différence des points d'ébullition n'est que de 42°.

Chez les éthers, la variation du point d'ébullition est un peu moins régulière :

Éthers.	Point d'ébullition.	Différence.
$\text{CHBr}_2 - \text{CO}_2\text{Et}$	192°	
$\text{CHBrFlCO}_2\text{Et}$	154°	48°
$\text{CHFl}_2 - \text{CO}_2\text{Et}$	99°	55°

Elle est également plus forte que pour les éthers des acides monosubstitués :

	Point d'ébullition.	Différence.
$\text{CH}_2\text{Br} - \text{CO}_2\text{Me}$	144°	
$\text{CH}_2\text{Fl} - \text{CO}_2\text{Me}$	104°	40°

Il est à remarquer que chez les acides trisubstitués bromés ou fluorés et leurs éthers, la différence des points d'ébullition est sensiblement la même que pour les acides bihalogénés :

	Point d'ébullition.	Différence.
$\text{CBr}_3\text{CO}_2\text{H}$	245°	
$\text{CBr}_2\text{FlCO}_2\text{H}$	198°	47°
$\text{CBr}_3\text{CO}_2\text{Et}$	225°	
$\text{CBr}_2\text{FlCO}_2\text{Et}$	173°	52°

On peut conclure de ces différentes données que pour les acides et éthers acétiques polyhalogénés, le remplacement du brome par le fluor produit une différence de température d'ébullition d'environ 50° par atome de

brome remplacé, que le remplacement soit simple ou double.

La comparaison des dérivés chlorés avec les composés fluorés correspondants ne donne pas des résultats tout à fait similaires. On observe d'abord que dans l'acide et dans l'éther bisubstitué, le remplacement du chlore par le fluor produit la même chute du point d'ébullition :

	Point d'ébullition.	Différence.
$\text{CHCl}_2\text{CO}_2\text{H}$	191°	$57^\circ = 28.5 \times 2$
$\text{CHF}_2\text{CO}_2\text{H}$	134°	
$\text{CHCl}_2\text{CO}_2\text{Et}$	157°	$58^\circ = 29 \times 2$
$\text{CHF}_2\text{CO}_2\text{Et}$	99°	

Cette chute est plus forte que celle que l'on trouve pour l'alcool bichloré.

	Point d'ébullition.	Différence.
$\text{CHCl}_2\text{CH}_2\text{OH}$	146°	50°
$\text{CHF}_2\text{CH}_2\text{OH}$	96°	

De même que pour les dérivés bromés, les composés monosubstitués chlorés et fluorés ont des points d'ébullition différant moins entre eux que ceux des combinaisons bihalogénées :

	Point d'ébullition.	Différence.
$\text{CH}_2\text{ClCO}_2\text{H}$	187°	22°
$\text{CH}_2\text{FICO}_2\text{H}$	165°	
$\text{CH}_2\text{ClCO}_2\text{Me}$	128°	24°
$\text{CH}_2\text{FICO}_2\text{Me}$	104°	

Par contre, elle est plus forte pour les acides et les éthers trisubstitués, chez lesquels la différence est de 55° à 56°.

	Point d'ébullition.	Différence.
$\text{CCl}_3\text{CO}_2\text{H}$	195°	33°
$\text{CCl}_2\text{FIClCO}_2\text{H}$	162°	
$\text{CCl}_3\text{CO}_2\text{Et}$	157°	36°
$\text{CCl}_2\text{FIClCO}_2\text{Et}$	121°	
$\text{CCl}_2\text{BrCO}_2\text{H}$	215°	32°
$\text{CClFIBrCO}_2\text{H}$	183°	
$\text{CCl}_2\text{BrCO}_2\text{Et}$	188°	37°
$\text{CClFIBrCO}_2\text{Et}$	151°	

Université de Gand, 1^{er} mai 1903.

Sur la pyrogénéation de quelques acides organiques dibasiques ()*; par le Dr W. Oechsner de Coninck, professeur à l'Université de Montpellier.

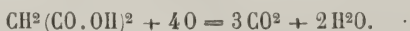
Au cours de recherches sur les acides organiques, j'ai été amené à pyrogéner les acides malonique, succinique, pyrotartrique, mucique, fumarique et maléique, que j'avais à l'état de pureté.

Après quelques tâtonnements, je me suis exclusivement servi d'un appareil se composant d'un tube cylindrique de 16 centimètres de hauteur, de 1^{cm},5 de dia-

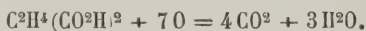
(*) Recherches faites à l'Institut de chimie générale de l'Université.

mètre, en communication avec un petit laveur, destiné à arrêter les produits liquides, puis avec la cuve à eau ou à mercure. L'acide était desséché à froid, puis pulvérisé et intimement mélangé avec de la pierre ponce finement concassée. L'application de la chaleur était faite très progressivement; on amenait l'acide à fusion, et on élevait peu à peu la température au-dessus du point de fusion.

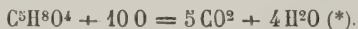
L'acide malonique se détruit assez facilement, en ne donnant que du gaz carbonique :



L'acide succinique offre un peu plus de résistance que son homologue inférieur; on n'obtient aussi que de l'anhydride carbonique :



L'acide pyrotartrique se décompose d'une manière plus irrégulière; vers la fin de l'expérience, il y a des soubresauts pour chaque bulle gazeuse; je n'ai trouvé que du gaz carbonique :



L'acide mucique a fourni un mélange de $\text{CO}^2 + \text{CO}$; le volume de l'oxyde de carbone était le sixième du volume gazeux total. La décomposition me paraît devoir être représentée par l'équation suivante :



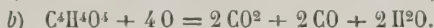
Facile est la décomposition de l'acide fumarique; il se dégage du gaz carbonique mélangé d'une très petite quan-

(*) Si l'acide pyrotartrique n'est pas très pur, ou si la pyrogénéation est brutale, on peut obtenir un peu d'oxyde de carbone.

tité d'oxyde de carbone; je propose l'équation que voici :



L'acide maléique est plus résistant que son isomère, et plus difficile à pyrogéniser régulièrement; en effet, il se forme d'abord dans le tube un sublimé d'anhydride maléique; j'ai dû faire fondre l'anhydride pour le faire retomber sur la pierre ponce chaude. En pyrogénant ensuite avec précaution, j'ai obtenu CO^2 mélangé à une très petite quantité de CO ; mais, dans une seconde expérience, en pyrogénant à plus haute température, j'ai remarqué que la proportion d'oxyde de carbone avait augmenté. On a donc, suivant les conditions expérimentales, l'une ou l'autre des deux réactions :



ÉLECTION.

M. George-Howard Darwin, professeur à l'Université de Cambridge, est élu associé de la Section des sciences mathématiques et physiques, en remplacement de Sir George-Gabriel Stokes, décédé.

OUVRAGES PRÉSENTÉS.

Van den Broeck (Ern.). Nouvelle théorie de l'explosion volcanique basée sur la combinaison des vues de M. O. van Ertborn avec les expériences et les thèses de MM. A. Gautier et A. Bronn et avec la théorie de M. A. Stübel. Bruxelles, 1903; extr. in-8° (26 p.).

Van den Broeck (Ern.). Charles de la Vallée Poussin, sa vie et ses travaux. Bruxelles, 1903; in-8° (46 p., portrait).

Ertborn (le baron O. van). Le volcanisme. Bruxelles, 1903; extr. in-8° (12 p.).

— Le puits artésien de la teinturerie de MM. Moens frères et les niveaux aquifères du sous-sol de la ville d'Alost. Bruxelles, 1903; extr. in-8° (9 p.).

— Rectification à l'échelle stratigraphique de l'Éocène belge. Bruxelles, 1903; extr. in-8° (16 p.).

— Quelques mots au sujet des terrains quaternaires. Bruxelles, 1903; extr. in-8° (63 p.).

Ministère de l'Industrie et du Travail. Carte géologique de la Belgique au 40 000^e; feuilles : Heers-Looz, Quiévrain-Saint-Ghislain, Modave-Clavier, Hamoir-Ferrières, Merbes-le-Château-Thuin, Durbuy-Mormont, Sivry-Rance, Froidchapelle-Senzeille.

Ministère des Finances et des Travaux publics. Port d'Ostende. Diagrammes des variations de niveau de la mer, observées à l'extrémité de l'estacade d'est du chenal d'entrée au port, 1902. In-plano.

ALLEMAGNE.

Schopp (H.). Beiträge zur Kenntniss der diluvialen Flussschotter im westlichen Rheinhessen. S. l. ni d., in-4° (10 p. et 1 carte).

Clemm (Walther). Die Gallensteinkrankheit, ihre Häufigkeit, ihre Entstehung, Verhütung und Heilung. Berlin, 1903, in-8° (90 p.).

HAMBOURG. *Naturwissenschaftlicher Verein*. Verhandlungen, dritte Folge, X, 1903.

DARMSTADT. *Verein für Erdkunde und geologische Landesanstalt*. Notizblatt, IV. Folge, 23. Heft. 1902.

BERLIN. *K. Akademie der Wissenschaften*. Abhandlungen, 1902; in-4°.

GREIFSWALD. *Geschichtsverein*. Pommerische Jahrbücher, 4. Band, 1903.



BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1903. — N° 7.

CLASSE DES SCIENCES.

Séance du 4 juillet 1903.

M. LÉON FREDERICQ, vice-directeur, occupe le fauteuil.

M. le chevalier EDMOND MARCHAL, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. G. Dewalque, Éd. Dupont, Éd. Van Beneden, C. Malaise, F. Folie, Jos. De Tilly, Ch. Van Bambeke, G. Van der Mensbrugghe, W. Spring, Louis Henry, M. Mourlon, P. De Heen, C. Le Paige, Ch. Lagrange, J.-B.-V. Masius, J. Neuberg, A. Lancaster, L. Errera, Julien Fraipont, *membres* ; M. Delacre, Pol. Francotte, P. Pelseneer, A. Gravis, Émile Laurent, J. Massau et Aug. Lamcère, *correspondants*.

M. Mansion, directeur de la Classe et président de l'Académie, écrit que ses devoirs professionnels à l'Université de Gand l'empêchent de venir présider la séance.

Sur la motion de M. Fredericq, M. le Secrétaire perpétuel écrira à MM. Renard et Terby, que la maladie retient éloignés, afin de leur exprimer les vœux de la Classe pour le rétablissement de leur santé.

CORRESPONDANCE.

La Classe prend notification de la mort de deux de ses associés :

1° Du Prof^r Luigi Cremona, de la Section des sciences mathématiques et physiques, directeur de l'École royale d'application pour les ingénieurs, sénateur du royaume, décédé à Rome le 10 juin 1905;

2° Du Prof^r Dr Karl Gegenbaur, de la Section des sciences naturelles, conseiller privé du Grand-Duché de Bade, décédé à Heidelberg le 16 du même mois.

Les condoléances de la Classe seront exprimées à M^{mes} veuves Cremona et Gegenbaur.

— M. le professeur G.-H. Darwin, de l'Université de

Cambridge, remercie pour son élection et son diplôme d'associé de la Section des sciences mathématiques et physiques.

— M. Errera accepte d'écrire pour l'*Annuaire* la notice nécrologique de François Crépin.

— Le Comité organisateur du Congrès géologique international qui tiendra à Vienne, au mois d'août prochain, sa neuvième session, adresse le programme de ses excursions.

— M. le Prof^r Dr Gerland, directeur de la Station impériale centrale pour la sismologie, à Strasbourg, exprime le désir que la Classe se fasse représenter à la II^e Conférence internationale de sismologie, qui aura lieu en la même ville du 24 au 28 juillet. — La Classe a désigné MM. Folie et Lancaster pour la représenter.

— Hommages d'ouvrages :

1^o M. P. Hock, secrétaire général du bureau du *Conseil international pour l'exploration de la mer*, établi à Copenhague, adresse les deux premiers numéros du *Bulletin des résultats acquis pendant les courses périodiques* ;

2^o M. Eug. Lagrange envoie le *Bulletin mensuel* (novembre 1901-juin 1902) de la station géophysique d'Uccle (station Ernest Solvay) ;

3^o *Sur la méthode d'Abel pour l'inversion de la première intégrale elliptique dans le cas où le module a une valeur imaginaire complexe* ; par Paul Mansion ;

4° a) *Referendum bibliographique précédé de l'exposé des principaux résultats scientifiques et économiques du service géologique*; b) *Quelques mots au sujet de la présentation de nouveaux tomes de la « Bibliographia geologica » et du projet de M. Kiliaan sur la création d'une agence de bibliographie géologique*; c) *Réflexions au sujet de l'appréciation par M. Dollfus de l'œuvre d'André Dumont*; par Michel Mourlon;

5° *Sur quelques Algues fossiles des terrains anciens*; par B. Renault, associé;

6° *Mijlőce de investigatiune ale meteorologici* (discours de réception prononcé le 12 avril 1905 à la séance solennelle de l'Académie roumaine); par S.-C. Hepites, directeur de l'Observatoire météorologique de Bucarest;

7° a) *Pluie de poussière brune en Portugal*; b) *Contribution à l'étude de phénomènes d'altération*; c) *A propos de l'origine des « Nummulites laevigata » du gravier de base du Laekenien*; d) *La Lesse souterraine et la traversée des deux boucles de la rivière à Furfooz* (en collaboration avec E. Rahir); e) *La bibliographie géologique universelle: I. Le Concilium bibliographicum de Zurich et la Bibliographia geologica de Bruxelles; II. Réplique à la note de M. G. Simoens*; par Ern. Van den Broeck.

— Remerciements.

— L'Académie royale d'agriculture de Turin envoie, à titre d'échange, les volumes 44 et 45 de ses *Annales*.

— Cette institution recevra par contre le *Bulletin* de la Classe.

— Travaux manuscrits à l'examen :

1° *Sur l'involution nucléaire et la sporulation chez « Hydnangium carneum » Wallr* ; par Ch. Van Bambeke, membre de l'Académie. — Commissaires : MM. Errera et Gravis ;

2° *Eochelone brabantica*, tortue marine nouvelle du Bruxellien (Éocène moyen) de la Belgique, et l'*Évolution des cheloniens marins* ; par Louis Dollo, conservateur au Musée royal d'histoire naturelle de Bruxelles. — Commissaires : MM. Fraipont, Dupont et Van Beneden.

3° *Études sur la pression critique de luminescence des gaz* ; par Alex. de Hemptinne. — Commissaires : MM. De Heen et Spring ;

4° *Recherches sur la conductibilité électrique des flammes* ; par Fernand Vanden Bossche. — Mêmes commissaires.

PRIX CHARLES LEMAIRE,

fondé en 1891 pour être décerné, tous les deux ans, à l'auteur du meilleur mémoire publié sur des questions relatives aux travaux publics.

La sixième période expirait le 30 juin 1903.

Aucun ouvrage n'a été soumis pour ce concours entre Belges ou naturalisés Belges.

Le prix est de 1,400 francs.

PRIX THÉOPHILE GLUGE,

FONDÉ EN FAVEUR DE LA PHYSIOLOGIE.

Première période (1901-1902).

Rapport de M. Mastus, premier commissaire.

La Classe des sciences est appelée à décerner pour la première fois le prix Théophile Gluge, fondé en faveur de la physiologie.

Se conformant au règlement du concours, les commissaires n'examinèrent que les mémoires parvenus à M. le Secrétaire perpétuel de l'Académie avant le 31 décembre 1902.

M. le Dr G. Bullot, d'Anderlecht, et M. le Dr P. Nolf, d'Ypres, chargé de cours à l'Université de Liège, se sont seuls présentés pour prendre part au concours.

Le Dr Bullot a soumis à la Classe, pour l'obtention du prix, un travail manuscrit intitulé : *Sur la physiologie de l'épithélium cornéen.*

L'auteur avait montré dans un travail antérieur (1) qu'en transportant l'œil encore vivant du lapin dans des milieux d'air raréfié, l'endothélium cornéen restait intact

(1) G. BULLOT, *Sur la physiologie de l'épithélium cornéen. Imperméabilité relative à l'oxygène.* (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE [Classe des sciences], 1900.)

là où l'épithélium de la cornée avait été raclé, et succombait, au contraire, à un phénomène d'asphyxie sous les parties de la cornée encore revêtues de l'épithélium.

Ce phénomène d'asphyxie devait-il être attribué à l'absorption de l'oxygène par l'épithélium cornéen, ou bien à l'imperméabilité relative de cette membrane épithéliale à l'oxygène?

Dans le but d'élucider cette question, M. Bullot a entrepris les recherches du présent mémoire.

Dans une première série d'expériences, l'œil fraîchement énucléé du lapin est transporté, non plus dans de l'air raréfié, mais dans des milieux à oxygène comprimé à un nombre plus ou moins considérable d'atmosphères. A partir d'un certain degré de pression, l'oxygène devient toxique. L'épithélium cornéen résiste beaucoup plus à cette action nocive que l'endothélium. Les expériences de l'auteur établissent, en effet, que l'épithélium de l'œil soumis à une pression même de 9.5 atmosphères, reste encore vivant, tandis que l'endothélium, aussi bien de l'œil intact que de l'œil raclé, meurt déjà dans sa partie centrale dès qu'il est soumis à 2.4 atmosphères, et succombe en totalité à des pressions de 4 atmosphères. Or, si l'épithélium cornéen était imperméable à l'oxygène, l'endothélium, sur l'œil non raclé, devrait rester vivant à une pression de 2.4 et même à des pressions plus élevées. Ce qui n'est pas le cas.

M. Bullot, pour démontrer que l'épithélium se laisse traverser par l'oxygène, fait une seconde série de recherches. Sur deux yeux, il détache les cornées et conserve intact l'épithélium de l'une d'elles, tandis qu'il gratte celui de l'autre cornée. Après avoir raclé l'endothé-

lium des cornées, il ferme hermétiquement avec chacune d'elles, la face épithéliale étant tournée en dehors, l'une des extrémités de deux petits tubes, à diamètre plus petit que celui de la cornée; cette extrémité ainsi fermée est placée en bas, et le tube est ensuite rempli par l'extrémité supérieure d'une solution aqueuse de gélatine. Après solidification de la gélatine, les tubes sont mis dans de l'oxygène, comprimés à différentes atmosphères, pendant une heure et demie à deux heures, à la température ambiante, et décomprimés brusquement. Pour provoquer la formation de bulles qui ne se produisent qu'aux deux extrémités des tubes (extrémités libres et extrémités recouvertes de cornée), les tubes sont congelés, puis dégelés. Le nombre et la densité des bulles qui se montrent aux extrémités fermées des tubes permettent de juger de la quantité d'oxygène qui a traversé la cornée à épithélium intact et celle à épithélium raclé.

Il résulte de cette seconde série d'expériences qu'il est impossible de constater de différence sensible dans le nombre des bulles dans l'un et l'autre de ces cas.

L'auteur conclut qu'en présence des résultats concordants fournis par les deux séries d'expériences, l'épithélium cornéen est perméable à l'oxygène, et que le phénomène d'asphyxie de l'endothélium de l'œil intact, transporté dans un milieu d'air raréfié, doit être attribué à l'absorption de l'oxygène par l'épithélium cornéen.

Les expériences sur lesquelles sont établies ces conclusions sont nombreuses et bien faites; les procédés employés sont décrits avec clarté; l'auteur prévoit les objections et les écarte avec succès. Son mémoire constitue une œuvre originale d'un intérêt réel, qui figurera

avec honneur dans le *Bulletin* de l'Académie, et que nous n'hésiterions pas à proposer pour le prix Gluge, si des travaux plus importants, d'une portée plus générale, n'étaient pas présentés au concours par le Dr Nolf.

Les travaux que M. Nolf soumet pour le prix Théophile Gluge sont les suivants :

1° *Technique de la cryoscopie du sang;*

2° *Action des injections intraveineuses de propeptone sur la pression dans l'artère et la veine pulmonaires;*

3° *Étude des propriétés biologiques des différentes propeptones dérivées d'une même substance albuminoïde;*

4° *Procédé nouveau applicable à l'étude des substances à action vaso-motrice et à la détermination de la durée totale de la circulation (2 planches);*

5° *Respiration périodique et courbes vaso-motrices chez le chien propeptoné (1 planche);*

6° *Contribution à l'étude de l'immunité propeptonique du chien;*

7° *Étude sur l'immunité propeptonique du lapin.*

Les six premiers mémoires précités ont fait l'objet de rapports favorables et ont été insérés dans les publications de l'Académie royale de Belgique, Classe des sciences, années 1901-1902.

Dans les recherches sur la *Technique de la cryoscopie du sang* (1), M. Nolf montre la nécessité de prendre de nombreuses précautions pour déterminer très exactement la valeur du point de congélation du sang; il établit que

(1) *Technique de la cryoscopie du sang.* (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE [Classe des sciences], 1901, n° 12.)

les résultats différents obtenus par les expérimentateurs doivent être attribués surtout aux conditions diverses dans lesquelles le sang a été recueilli, et qui font varier fortement sa teneur en acide carbonique.

Le travail de M. Nolf : *Action des injections intraveineuses de propeptone, etc.* (1), est une contribution des plus importantes et des plus intéressantes à l'action de cette substance sur la circulation. On sait depuis les expériences de Thompson que la chute de pression de la grande circulation qui succède à l'injection intraveineuse de propeptone est due à une paralysie de l'appareil vaso-moteur périphérique, se manifestant tout d'abord sur les vaisseaux du foie et de l'intestin, puis successivement sur ceux de la rate, des reins et des muscles.

M. Nolf étudie les effets de la propeptone sur la circulation pulmonaire; il constate que l'injection intraveineuse de propeptone, au lieu de produire une dépression de la tension artérielle, comme dans la circulation générale, provoque, au contraire, une hausse considérable de la pression pulmonaire. L'auteur recherche la cause de cette différence d'action de la propeptone.

Des expériences de M. Nolf il résulte qu'il faut l'attribuer principalement à la persistance de la contractilité des vaisseaux pulmonaires, dont la paroi est moins sensible à l'action paralysante de la propeptone que celle des vaisseaux de la circulation générale. Aussi l'excita-

(1) *Action des injections intraveineuses de propeptone sur la pression dans l'artère et la veine pulmonaires.* (MÉMOIRES in-8°, t. LXIII.)

tion intense du centre vaso-moteur général, que détermine habituellement l'injection intraveineuse de propeptone, se traduit-elle par une forte constriction des vaisseaux du poumon et par une augmentation notable de la pression pulmonaire.

Les différentes propeptones dérivées d'une même substance protéique par l'action hydrolysante de diverses enzymes, et données en injection intraveineuse à de jeunes chiens, seraient également actives, selon certains physiologistes américains (Chittenden, Mendel, Henderson), et elles produiraient la chute de la pression carotidienne et l'incoagulabilité du sang.

Les auteurs allemands Pick et Spiro, au contraire, refusent à certaines propeptones — la propeptone pancréatique et la propeptone leucocytaire — toute activité en injection intraveineuse.

Les recherches exposées dans le travail de M. Nolf : *Étude des propriétés biologiques des différentes propeptones, etc.* (1), ont pour but d'élucider cette question.

Des solutions de propeptones (de la fibrine de porc) pepsique, pancréatique et leucocytaire sont administrées en injection intraveineuse à de petits chiens. Les expériences de l'auteur montrent toute l'importance de la vitesse de l'injection et des doses de propeptone injectées : la propeptone pancréatique et la propeptone leucocytaire injectées très rapidement et à forte dose ont une analogie complète d'action avec la propeptone pepsique; elles pro-

- (1) *Étude des propriétés biologiques des différentes propeptones dérivées d'une même substance albuminoïde.* (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE [Classe des sciences], n° 41, 1902.)

duisent, tout comme cette dernière, qui est seulement beaucoup plus active, la chute de la pression artérielle et l'incoagulabilité du sang.

Dans une autre série d'expériences, des injections sous-cutanées des diverses propeptones de la fibrine de porc sont faites à des lapins, et l'on recherche si le sérum des lapins injectés a acquis la propriété de précipiter les solutions qui leur furent administrées. Or, le sérum des lapins injectés de propeptones pancréatique et leucocytaire, dérivées de la fibrine du porc, précipite la solution de fibrine; au contraire, le sérum des lapins injectés de propeptone pepsique ne possède nullement cette propriété.

La conclusion que l'on doit tirer de l'étude de M. Nolf est que les propriétés biologiques des différentes propeptones dérivées d'une même substance albuminoïde sont très différentes.

Dans une note (1), M. Nolf décrit le procédé qu'il a imaginé et les expériences qu'il a faites pour mettre en évidence si une substance à action vaso-motrice détermine les variations de pression artérielle par une action sur le centre vaso-moteur général ou bien sur la paroi vasculaire elle-même.

En outre, l'auteur démontre que la méthode peut être utilisée pour mesurer la durée totale de la circulation.

Le procédé est simple et d'une exécution facile et rapide.

(1) *Procédé nouveau applicable à l'étude des substances à action vaso-motrice et à la détermination de la circulation.* (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE [Classe des sciences], n° 41, 1902.)

Chez le chien soumis à des injections intraveineuses de propeptone (1), M. Nolf a observé des oscillations périodiques de pression artérielle qui se distinguent par leur grande amplitude, leur netteté et leur régularité, et qui coïncident avec le groupement périodique des mouvements respiratoires. Ces courbes vaso-motrices chez le chien propeptoné sont de même nature que les courbes décrites par Sigmund Mayer chez le lapin normal. L'auteur appelle l'attention sur ce moyen pour faire apparaître facilement les courbes périodiques vaso-motrices.

Le mémoire : *Contribution à l'étude de l'immunité propeptonique du chien* (2), a surtout pour objet d'établir la nature de cette immunité.

On sait qu'une injection intraveineuse de propeptone à un chien produit la chute de la pression artérielle et l'incoagulabilité du sang, phénomènes qui disparaissent après quelques heures. Une deuxième injection de propeptone ne rend plus le sang incoagulable : l'animal a acquis l'immunité propeptonique. Pour Fano, l'incoagulabilité du sang, consécutive à l'administration intraveineuse de propeptone, résulte, non de cette substance elle-même, mais d'un produit anticoagulant (antithrombine) qui préexiste dans l'organisme et qui est sécrété après l'injection intraveineuse de la propeptone. Le chien

(1) *Respiration périodique et courbes vaso-motrices chez le chien propeptoné.* (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE [Classe des sciences], n° 12, 1902.)

(2) *Contribution à l'étude de l'immunité propeptonique du chien.* (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE [Classe des sciences], n° 12, 1902.)

immunisé doit l'immunité à l'épuisement de sa provision de substance anticoagulante. Et pour qu'une nouvelle injection de propeptone rende le sang incoagulable, il faut que l'organisme se refasse une provision d'antithrombine.

A cette théorie de l'épuisement est opposée la théorie, d'abord émise par Contejean et défendue dans ces derniers temps par Spiro et Ellinger, que : l'organisme réagirait vis-à-vis de la substance anticoagulante en formant un produit antagoniste dont l'action neutraliserait la première.

A la suite de nombreuses et ingénieuses expériences, le Dr Nolf se rallie à la théorie de l'épuisement, qui explique le mieux l'immunité conférée par l'injection rapide d'une dose moyenne de propeptone.

Le dernier mémoire soumis au jugement de la Classe par M. Nolf est un manuscrit intitulé : *Étude sur l'immunité propeptonique du lapin*.

Les recherches de Fano sur l'immunité propeptonique nous ont appris que le lapin ne réagit pas comme le chien contre les injections intraveineuses d'une solution de propeptone; contrairement à ce qui se produit chez ce dernier animal, le sang du lapin reste coagulable. C'est que l'antithrombine, à laquelle est attribué le défaut de coagulation du sang chez le chien propeptoné, ne serait pas sécrétée dans l'organisme du lapin lorsqu'on lui fait une injection intravasculaire d'une dose ordinaire de propeptone; pour obtenir l'incoagulabilité du sang chez le lapin, il faut lui injecter un peu de plasma ou de sang de chien propeptoné, c'est-à-dire un liquide qui contient la substance anticoagulante.

Chez le chien propeptoné, la formation de l'antithrombine a été étudiée par Contejean, Gley et surtout Delezenne. Ils ont montré le rôle du foie et des leucocytes dans la production de la substance anticoagulante. Le foie serait l'organe producteur exclusif de l'antithrombine et la propeptone agirait sur les globules blancs du sang du chien en les dissolvant. Cette leucolyse mettrait en liberté des substances qui favorisent la coagulation (nucléïnes ou thrombines) et d'autres (histones ou antithrombines) qui s'y opposent. Le foie fixerait les thrombines et laisserait les antithrombines dans la solution de propeptone, qui deviendrait ainsi anticoagulante. Un liquide contenant simplement de la propeptone, injecté dans le foie du chien, ne produit pas d'antithrombine, selon Delezenne; retiré du foie, ce liquide précipite, au contraire, la coagulation du sang du chien. Delezenne a montré que la solution de propeptone qui a subi l'action du foie du chien ne provoque la formation d'antithrombine qu'à la condition de tenir en suspension des globules blancs du sang du chien.

M. Nolf, dans ses recherches sur l'immunité propeptique du lapin, se sert de la méthode employée par Delezenne pour étudier chez le chien le rôle du foie et des leucocytes dans la production de l'antithrombine.

Les expériences de l'auteur montrent qu'à l'inverse du foie du chien, le foie vivant du lapin injecté de sang de lapin, ou de sang de chien additionné d'une solution ordinaire de propeptone, accélère considérablement la coagulation de ce mélange : le liquide qui s'écoule de cet organe se prend en caillots beaucoup plus rapidement qu'avant son introduction dans le foie, qui présente très tôt une coagulation du sang, souvent massive.

Le foie du lapin paraît donc se différencier sous ce rapport de celui du chien, que l'on irrigue la glande hépatique du premier animal par du sang de lapin ou par du sang de chien mélangé de propeptone.

Il résulte aussi des expériences de l'auteur que le sang du lapin additionné de propeptone perd, après son passage par le foie du chien, en partie ou en totalité ses propriétés coagulantes : le sang retiré reste fluide, et l'on peut y constater la présence de l'antithrombine.

Des caillots, le plus souvent filiformes, se trouvent dans le foie.

Ces observations de M. Nolf établissent que la propeptone agit sur les globules blancs du sang du lapin comme sur ceux du chien, et que ces derniers peuvent être remplacés par les leucocytes du lapin. Dans ce cas aussi, le foie du chien propeptoné fournit un liquide contenant de l'antithrombine. Ce qui est donc différent du chien au lapin au point de vue de l'action anticoagulante, ce n'est pas le sang, mais bien le foie.

Il résulte encore des observations de l'auteur que, contrairement à l'opinion de Delezenne, les leucocytes, tant du chien que du lapin, ne sont pas détruits par l'action de la propeptone. Mais ce résultat ne diminue en rien le rôle des globules blancs dans la production de l'antithrombine; elle serait sécrétée par les leucocytes, comme le sont, par exemple, les anticorps dans l'immunité acquise par vaccination.

Il est intéressant de connaître l'action du foie du lapin sur le sang pur du chien. Les recherches de M. Nolf paraissent prouver que le sang du chien a perdu, au sortir du foie du lapin, les conditions de coagulation, le

fibrinogène et le ferment de la fibrine, en tout ou en partie ; mais en même temps que se produit cette diminution de coagulabilité du sang écoulé, on constate des caillots intrahépatiques plus ou moins volumineux.

Dans le liquide écoulé du foie, il n'est pas possible de démontrer l'existence de l'antithrombine. D'autre part, le sérum du chien, dans lequel Delezenne admet l'existence de la thrombine et de l'antithrombine, introduit dans le foie du lapin et exprimé ensuite, se comporte comme s'il avait subi l'action du foie du chien ; il n'est plus capable de hâter la coagulation du sang de chien normal. La présence d'antithrombine dans le sérum exprimé n'a pu être établie par M. Nolf.

Or, on sait que le sérum du chien injecté dans le foie de cet animal, puis exprimé, devient anticoagulant, parce que cet organe a, selon Delezenne, fixé la thrombine et laissé passer l'antithrombine dans le liquide évacué. Mais, s'il en était ainsi, si l'antithrombine préexistait dans le sérum du chien, elle devrait aussi se trouver dans le sérum retiré du foie du lapin ; ce qui n'est pas. On doit donc supposer, d'après l'opinion émise par Nolf et basée sur les faits observés chez le chien et chez le lapin, que le foie de ces animaux aurait la propriété de fixer les thrombines des liquides qui leur sont injectés, mais que la glande hépatique du chien sécréterait en même temps l'antithrombine : mélangée au liquide coagulable, elle s'opposerait à sa coagulation. Chez le lapin, il y aurait absence de réaction antithrombique. L'émission de thrombine ne serait pas réservée aux leucocytes : d'autres cellules de l'organisme, surtout les endothéliales vasculaires, sous l'action de la propeptone, fourniraient de la

thrombine. Ainsi, une solution pure de propeptone injectée au foie du chien ou du lapin provoquerait une sécrétion hépatique de thrombine, sans production d'antithrombine, la thrombine hépatique ne serait pas fixée, elle communiquerait à la solution retirée du foie des propriétés énergiques de coagulation. L'auteur fait observer en terminant que la propeptone produit en réalité, chez le lapin, les effets essentiels constatés chez le chien, l'action sur la paroi vasculaire (chute de la pression artérielle) et l'action sur les leucocytes (sécrétion de thrombine); l'incoagulabilité du sang ne serait qu'une complication, nullement spécifique, de l'action de la propeptone. Elle manquerait chez le lapin par suite du défaut de réaction antithrombique du foie de cet animal.

Le mémoire de M. Nolf, dont nous proposons l'impression dans le *Bulletin* de la séance, est une contribution importante à nos connaissances sur l'immunité propeptonique.

Les travaux de M. Nolf que nous venons d'analyser sont tous des travaux de recherches dans lesquels il montre de grandes qualités d'expérimentateur; l'œuvre fournie par M. Nolf, dans ces deux dernières années, est considérable, et elle a enrichi la science de faits nouveaux d'un haut intérêt.

Nous avons l'honneur de proposer à la Classe de décerner à M. Nolf le prix de physiologie institué par M. et M^{me} Jaffé-Gluge à la mémoire de Théophile Gluge. »

Rapport de M. Plateau, deuxième commissaire.

« Après avoir examiné les travaux présentés à la Classe pour le prix Gluge, je me rallie entièrement aux conclusions du rapport de mon savant confrère, M. Masius, premier commissaire. »

M. Léon Fredericq, troisième commissaire, déclare se rallier aux conclusions des deux premiers commissaires.

Ces conclusions sont adoptées par la Classe.

La proclamation des résultats de ce concours sera faite en séance publique de la Classe du 16 décembre prochain.

RAPPORTS.

Électrolyse des gaz; par Charles Terby.

Rapport de M. De Heen, premier commissaire.

« Le but de l'auteur de cette note est d'appeler plutôt l'attention des physiciens sur les difficultés d'interprétation des faits relatifs à l'électrolyse des gaz, que d'en donner lui-même une interprétation définitive.

M. Terby a certainement observé avec beaucoup de soin, et sa pensée est exprimée avec beaucoup de clarté. La particularité sur laquelle nous pensons, avec M. Terby, qu'il y a surtout lieu d'insister correspond à l'asymétrie des pôles, que Hittorf avait constatée en observant qu'à l'électrode négative il se développe une plus grande résistance qu'au pôle positif.

Nous proposons à la Classe l'impression de la note de M. Terby dans le *Bulletin* de la séance, tout en engageant l'auteur à persévérer dans la voie où il semble si bien débiter. »

M. Spring, second commissaire, déclare se rallier à ces conclusions, qui sont aussi adoptées par la Classe.

Étude du chlorure d'uranyle; par M. Oechsner de Coninck.

Rapport de M. W. Spring.

« Continuant ses recherches sur les composés de l'uranium, M. Oechsner de Coninck a soumis le chlorure d'uranyle à une étude détaillée. Les résultats consignés dans la note qu'il présente aujourd'hui à la Classe, complètent l'état de nos connaissances sur ce composé; je propose donc l'insertion de cette note dans le *Bulletin* de la séance. » — Adopté.

COMMUNICATIONS ET LECTURES.

M. le général de Tilly, délégué de la Classe à la réunion du Comité international de l'Association des Académies, tenue à Londres les 4-6 juin, pour arrêter le programme de la deuxième session triennale qui aura lieu dans la même ville en 1904, donne communication des dispositions qui ont été arrêtées entre les Académies qui s'étaient fait représenter pour la circonstance.

Le *Bulletin* renfermera ultérieurement une note détaillée de M. de Tilly sur les travaux de cette réunion.

— Le 9 juin dernier eut lieu, à Bonn, l'inauguration de la statue élevée à Auguste Kekulé de Stradonitz, ancien associé de la Classe et ancien professeur à l'Université de Gand, décédé le 15 juillet 1896.

M. W. Spring, désigné pour représenter l'Académie à cette cérémonie solennelle, a exprimé, dans les termes suivants, les sentiments que les savants belges professent en souvenir de cet illustre chimiste :

KÖNIGLICHE HOHEIT !

Hoch ansehnliche Festversammlung !

Gestatten Sie mir, im Namen der belgischen Akademie der Wissenschaften, am Glanz welcher Kekulé so ausserordentlich beigetragen hat, auch ein Wort der Dankbarkeit und der Bewunderung auszusprechen.

Ich beabsichtige nicht die genealen Verdienste Kekulé's noch weiter gelten zu lassen ; dies wurde meisterartig von Herren die zu diesem hohen und frommen Auftrag berechtigt waren, erledigt.

Ich möchte einen Punkt berühren, der im Laufe des Lebens Kekulé's zwar nur etwas zufälliges war, aber doch nicht ohne Folge für die weitere Anerkennung der deutschen Wissenschaft geblieben ist.

Die Ereignisse in der ersten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts tragen die Schuld, dass Belgien bedroht war, in der wissenschaftlichen Kultur, auf die Neige zu gehen.

Da zog die Regierung, eine Zeit lang, um dem Uebel vorzubeugen, junge Kräfte in's Land, besonders aus Deutschland. Unter diese war auch Kekulé, dessen Leistungen und Bestreben unserem grossen Chemiker J. S. Stas nicht entgangen waren und dessen Carriere so zu sagen schon klar vorlag.

In der That war das Wirken Kekulé's in seiner neuen Stätte, ein solches, dass auf einem Boden den man als öde hätte bezeichnen können, auf einmal eine Schule aufging welche nicht nur von den Landeskindern besucht wurde, aber auch von Deutschen die heutzutage noch als Sterne im Firmament der Wissenschaft glänzen.

Die Arbeiten welche aus jener Schule entsprangen, gehören der Zeit an wo Kekulé anfang Ordnung in das Chaos der organischen Verbindungen zu bringen. Viele derselben wurden von Kekulé selbst der belgischen Akademie vorgelegt und so wurde unsere wissenschaftliche Gesellschaft mit dem neuen Aufleben der organischen Chemie, von vorn herein vertraut.

Es liegt ein natürliches Gefühl im Gemüth des Menschen, nämlich die Dankbarkeit denen gegenüber welche zum Wohl Aller gewirkt haben. Ist doch dies nichts anders als eine edele Erweiterung der kindlichen Liebe zur Mutter. Erlauben Sie mir, es laut auszusprechen : wir, in Belgien, sind es bewusst, was wir Kekulé zu verdanken haben. Aber nicht nur Belgien, auch andere Nationen befinden sich, wenn auch nicht so unmittelbar wie wir, in derselben Schuld, und so darf man wohl sagen, dass Kekulé beigetragen hat die deutsche Wissenschaft zur *alma mater* des allgemeinen Wissens zu erheben.

Newton et le principe de la limite (l'infiniment petit absolu), en réponse à des observations de MM. Mansion et Le Paige; par Ch. Lagrange, membre de l'Académie.

1. A la suite d'une lecture que j'ai eu l'honneur de faire dans une de nos dernières séances (mars 1905) (*), notre honorable confrère M. Mansion a, d'ailleurs sans autre éclaircissement, déclaré que, ni historiquement ni théoriquement, il ne partageait mes vues sur les infiniment petits. Cette déclaration figure dans le *Bulletin* de mars; elle a été reproduite dans le *Moniteur* du 15 du même mois. De plus, sur ce que je disais que les difficultés proposées par moi réduisent à l'impuissance la théorie exclusive de la limite, qui est hors d'état d'y répondre, mon honorable confrère a protesté, c'est-à-dire s'est donné comme étant en mesure de répondre à ces difficultés. De son côté, M. Le Paige a cru devoir déclarer dans le *Bulletin* que, autant du moins qu'il en pouvait juger d'après une simple lecture, il ne partageait pas ma manière de voir sur l'existence des infiniment petits. Il va sans dire que par ce rappel je n'entends

(*) *Réclamation de priorité* au sujet d'un travail de M. G. Darwin..., suivie d'une NOTE sur le mécanisme élémentaire de la rotation... et sur l'infiniment petit absolu [BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE (Classe des sciences), n° 3 (mars), 1903, p. 341].

La communication actuelle, qui devait être faite dans la séance de mai, où elle avait été annoncée, a dû être différée par suite de circonstances indépendantes de ma volonté.

contester en rien le droit entier de mes honorables confrères à leurs déclarations, mais protester bien plutôt du poids que je leur accorde; et c'est uniquement à mon point de vue que je désire en discuter la portée devant l'Académie. M. Le Paige, à vrai dire, tout en se prononçant, reconnaît que son avis repose sur un examen déclaré par lui-même peut-être insuffisant, et il est permis de regretter que notre distingué confrère n'ait pas cru devoir dès lors différer, pour juger une question aussi importante et aussi délicate, d'être complètement informé. Quant à la déclaration de M. Mansion, elle est entièrement nette : elle signifie que, d'après lui, mes vues sur les infiniment petits sont inexactes au point de vue historique, et fausses au point de vue mathématique.

2. On ne pourra pas, je pense, me faire le reproche d'avoir jamais dans une discussion, dans les travaux, les rapports dont j'ai eu l'honneur d'être chargé, substitué à des raisons des affirmations. Désireux de prouver à l'Académie que, dans mon mémoire, je ne me suis pas départi de cette règle, je tiens donc à répondre aux appréciations publiques de mes honorables confrères. Je désire en même temps leur fournir l'occasion de prouver, publiquement aussi, et très simplement, que j'ai tort quand je prétends, en proposant des questions classiques à résoudre, que le principe de la limite est insuffisant, conduit à l'erreur, et que, par conséquent, la notion de l'infiniment petit, qui fait disparaître l'erreur et qui résout le tout, est nécessaire.

3. J'aborderai successivement les deux points de la déclaration critique formulée par M. Mansion.

1. *Point de vue historique.* — Parlant dans ma lecture de l'infiniment petit absolu, premier terme de la grandeur en partant du zéro, j'ai opposé Newton à Cauchy, en remarquant que Newton avait présenté cette même idée de l'infiniment petit absolu sous la forme de sa *particule naissante* de la grandeur. Or il suffit pour justifier ceci, que, je dois le supposer, conteste M. Mansion, de citer le Lemme II du Livre II des Principes, où Newton s'exprime comme suit (*) : « J'entends par *moments* [des quantités] leur incrément ou décrement instantané : en sorte que l'on doit prendre leurs incréments pour des moments additifs ou positifs, et leurs décrements pour ceux qui sont négatifs ou soustractifs. PRENEZ GARDE CEPENDANT DE NE PAS ENTENDRE PAR LÀ DES PARTICULES FINIES, car les *particules finies ne sont pas les moments*, mais les *quantités mêmes produites par les moments*. Il faut donc prendre pour *particules* les *principes naissants* des quantités finies (**). »

Il est de fait par là : 1° que Newton a eu la notion du premier état, c'est-à-dire de l'infiniment petit absolu ;

(*) Dans ce qui suit, je me servirai d'une manière courante de la traduction de M^{me} du Châtelet, en la revisant sur le texte original.

(**) Je me suis permis de souligner les passages remarquables : Voici le texte latin : « ... earum incrementa vel decrementa momentanea sub nomine momentorum intelligo : ita est incrementa pro momentis additiis seu affirmativis, ac decrementa pro subductitiis seu negativis habeantur. Cave tamen intellexeris particulas finitas. Particulæ finitæ non sunt momenta, sed quantitates ipsæ ex momentis genitæ. Intelligenda sunt principia jamjam nascentia finitarum magnitudinum. » (Princ., Lib. II, Lemma II.)

2° qu'il a eu soin de remarquer expressément que sa particule naissante, qui n'est pas nulle, n'est aucune grandeur finie, et de mettre en garde contre l'erreur contraire; 5° enfin que cette notion primordiale a précédé dans son esprit, comme cela était d'ailleurs rationnel, celle des vitesses et des grandeurs finies proportionnelles dont il est question dans la suite du Lemme.

Je n'ai donc, au point de vue historique, rien dit, ce me semble, qui ne se justifie, par cette simple citation, de la manière la plus naturelle et la moins contestable, et il était donc très légitime d'opposer, comme je l'ai fait, cette vue de Newton à celle de Cauchy, qui en est le contrepied.

Mais cette conclusion se confirmera encore par l'analyse du Scolie qui termine la première section du Livre I. La manière de voir de Newton sur la question infinitésimale est tout entière exposée dans ce Scolie et dans le Lemme du Livre II que nous venons de citer.

On vient de voir comment, sans la moindre équivoque, Newton part dans ce dernier Lemme de la notion de la particule naissante, *ni zéro ni finie*, c'est-à-dire de l'infinitement petit proprement dit.

L'analyse du Scolie du Livre I est instructive, non seulement parce qu'elle met de nouveau en évidence la préoccupation nette, et antérieure chez Newton à la méthode des limites, de ce premier état de la grandeur, mais parce qu'elle prouve que, conformément à cette dernière idée, Newton, quand il aborde l'idée de la limite elle-même, la conçoit autrement que Cauchy, qui enseigne à la trouver par les valeurs nulles des variations décroissantes, et pour qui elle n'est jamais atteinte;

enfin, et ceci est de toute importance, parce qu'elle met en évidence aussi l'inutilité des efforts de Newton lui-même, quand, pour une raison que nous verrons, il se propose incidemment, en abandonnant l'idée des indivisibles qu'il reprendra plus tard dans le Lemme, d'écarter une objection des partisans de la limite suivant Cauchy; de telle sorte que toute l'autorité de Newton pèse ici en faveur de la validité et de la nécessité de sa propre idée de l'infiniment petit, par l'insuccès même des arguments qu'il cherche à lui opposer.

Analysons le Scolie dont il s'agit.

Trois points principaux y sont à noter et le caractérisent.

1° Au point de vue historique, la préoccupation antérieure de l'idée des infiniment petits absolus ou indivisibles.

Newton (après avoir parlé des infiniment petits de divers ordres « où la nature ne connaît pas de bornes ») commence en effet par dire : « J'aurais eu des démonstrations plus courtes par la méthode des indivisibles; » mais parce que l'hypothèse des indivisibles paraît trop dure à admettre, et que cette méthode est par conséquent regardée comme moins géométrique (*) (*sed quoniam durior est indivisibilium hypothesis, et propterea methodus illa minus geometrica censetur*), j'ai mieux aimé employer celle des premières et dernières raisons des quantités qui naissent et s'évanouissent; et j'ai

(*) On va voir dans un instant que Newton y revient cependant et l'emploie en fait.

» commencé par faire voir, le plus brièvement que j'ai
 » pu, ce que deviennent les quantités *lorsqu'elles attei-*
 » *gnent leurs limites*. Je démontrerai par cette méthode
 » tout ce qu'on démontre par celle des indivisibles;
 » mais, en ayant prouvé le principe, je m'en servirai
 » avec plus de sécurité. »

Nous laisserons ici de côté la question de savoir si, avec Newton, on est autorisé à remplacer la méthode des infiniment petits ou indivisibles, considérés en eux-mêmes, par celle où l'on considère le seul rapport des grandeurs qui naissent ou s'évanouissent, c'est-à-dire les seuls rapports de ces infiniment petits; car cela supposerait qu'il n'existe pas de problèmes dont la solution exige la considération directe de ces infiniment petits. Or ceci étant parfaitement inexact, comme nous l'avons assez fait voir ailleurs par des exemples, et comme nous le redirons encore plus loin, il est certain que la méthode des seules raisons, ou rapports, est insuffisante, si l'on ne veut pas supprimer d'office tout un ordre de questions qu'on serait autrement dans l'impuissance de résoudre. Ce qu'il nous importe ici de noter, c'est le fait que, dans le Scolie actuel comme dans le Lemme, et conformément à l'ordre rationnel, c'est la notion de l'infiniment petit absolu ou indivisible qui a précédé chez Newton celle de la limite.

2° Le deuxième objet caractéristique du Scolie est, au point de vue théorique, la conception que Newton présente ensuite de sa méthode des limites, ou des « *premières et dernières raisons* ».

On y remarquera d'abord, tout particulièrement, ce fait même qu'il envisage aussi bien les *premières* que les *dernières* raisons, car ce fait à lui seul établirait la légitimité

d'opposer, ainsi que je l'ai fait, la manière de procéder de Newton à celle de Cauchy, celui-ci considérant uniquement le rapport de grandeurs finies qui décroissent, et Newton, au contraire, considérant, aussi bien que la *dernière* valeur de ce rapport, sa *première* à partir des zéros. (Dans le Lemme, il prend d'ailleurs en considération, comme on l'a vu, la première valeur de l'accroissement lui même à partir de *zéro*, et non plus seulement la *première valeur* du rapport des accroissements.) Cette simple observation fait en outre comprendre, et empêche de prendre dans le sens même de Cauchy, l'alinéa [qui suit dans Newton le passage cité au (1°)] où il explique dans quel sens il substitue la méthode des limites à la considération directe des indivisibles. « Ainsi », dit-il, « lorsque » dans la suite je considérerai comme composées de particules déterminées, et que je prendrai pour des lignes droites de petites portions de courbes, je ne désignerai point par là des quantités indivisibles, mais des quantités divisibles évanouissantes ; de même, ce que je dirai des sommes » [intégrales] « et des raisons » [dérivées] « doit toujours s'entendre, non des particules déterminées, mais des limites des sommes et des raisons des particules évanouissantes. »

Or si l'on tentait de prendre ceci dans le sens de la limite de Cauchy, on serait immédiatement arrêté par le fait que, pour Newton, tout ce qu'il dit des *particules évanouissantes* doit se comprendre au même titre des *particules naissantes* ; et que pour celles-ci la limite n'est pas quelque chose vers quoi elles tendent sans jamais pouvoir l'atteindre, puisque c'est au contraire la *première* valeur de leur rapport, c'est-à-dire le rapport de leurs premières grandeurs.

Mais, d'ailleurs, pour connaître directement ce que sont, pour Newton, ces *limites* ou « *premières et dernières* » raisons des quantités « *qui naissent et s'évanouissent* », et qu'il n'est nullement question en ceci du *zéro* de Cauchy et des errements actuels de l'analyse, il suffit de passer immédiatement aux deux alinéas suivants du Scolie ; on y va voir avec quelle netteté Newton s'explique et répond à l'objection du *zéro* (c'est-à-dire à l'objection qu'il n'existerait que des grandeurs finies et *zéro*) ; il se refuse, en effet, à raisonner sur le *zéro* comme sur une grandeur, et dit qu'on entend mal ce qui constitue le *dernier* (ou le *premier*) état de la grandeur. Il prend pour exemple concret du cas d'une grandeur qui décroît indéfiniment, celui de la vitesse d'un mouvement (*) qui s'éteint en un certain point de l'espace (par exemple celle d'un projectile en trajectoire verticale) (**), et montre que cette vitesse a une dernière valeur, qui n'est pas *zéro*. « Il y a », dit-il, « une certaine borne que la vitesse d'un corps » peut atteindre à la fin de son mouvement et qu'elle ne » saurait passer ; c'est cette vitesse qui est la dernière du » corps. Il en est de même des limites et des propor- » tions de toutes les quantités qui commencent et » cessent. »

Et à l'alinéa précédent :

« On pourrait dire, contre ce principe des premières » et dernières raisons, que les quantités qui s'évanouis- » sent n'ont point de proportion entre elles ; parce

(*) « Uniformément retardé » (dans la traduction du Châtelet).

(**) « Exempli causâ, gravis sursum projecti et ad altissimum locum pervenientis », commentaire de le Seur et Jacquier dans leur édition des Principes (1760).

» qu'avant de s'évanouir, la proportion qu'elles ont n'est
 » pas la dernière, et que lorsqu'elles sont évanouies,
 » elles n'en ont plus aucune. Mais on pourrait soutenir,
 » par le même raisonnement, qu'un corps qui par-
 » vient (*) à un certain lieu où son mouvement s'éteint,
 » n'a point de dernière vitesse. Car, dirait-on, avant que
 » ce corps soit parvenu à ce lieu, il n'a pas encore sa
 » dernière vitesse, et quand il l'a atteint, il n'en a
 » aucune, puisqu'alors son mouvement est éteint. Or la
 » réponse à cet argument est facile; on doit entendre par
 » la dernière vitesse de ce corps, celle avec laquelle il se
 » ment, non pas avant d'avoir atteint le lieu extrême où
 » son mouvement cesse, non pas après qu'il a atteint ce
 » lieu, mais celle qu'il a dans l'instant même qu'il
 » atteint ce dernier lieu et avec laquelle son mouvement
 » cesse. Il en est de même de la *dernière raison* des
 » quantités évanouissantes; *il faut entendre par cette rai-*
 » *son celle qu'ont entre elles des quantités qui diminuent,*
 » *non pas avant de s'évanouir, ni après qu'elles sont éva-*
 » *nouies « c'est-à-dire pour des valeurs zéro », mais celle*
 » *qu'elles ont dans le moment même qu'elles s'évanouissent.*
 » *De la même manière, la première raison des quantités*
 » *naissantes est celle que les quantités qui augmentent ont*
 » *au moment qu'elles naissent, et la première ou dernière*
 » *somme de ces quantités est celle qui répond au commen-*
 » *cement et à la fin de leur existence, c'est-à-dire au moment*
 » *qu'elles commencent à augmenter ou qu'elles cessent de*
 » *diminuer. »*

(*) «... d'un mouvement uniformément retardé » (traduction du Châtelet).

D'après ces déclarations si claires, on voit que, pour Newton, tant pour les intégrales (sommés) que pour les dérivées (raisons), la limite ne correspond nullement à des valeurs zéro des accroissements, mais aux moindres accroissements à partir de zéro, c'est-à-dire encore une fois à des infiniment petits absolus ; bien plus, par l'exemple de la vitesse du mouvement qui s'éteint, on voit aussi qu'il considère l'infiniment petit absolu en lui-même, et non zéro, comme la limite, ou dernière borne qu'elle ne peut passer, d'une grandeur qui décroît.

5° Après ces déclarations sans équivoque possible, et que Newton rééditera plus tard dans le Lemme du Livre II, il reste à noter le troisième point caractéristique du Scolie, constitué par les deux derniers alinéas, et où Newton semble vouloir ménager les adversaires des idées hardies qui précèdent, en essayant une concession à leurs objections prévues. Ce passage que nous allons citer rappelle singulièrement une situation analogue de Leibnitz, qui, ayant commencé par la notion pure de l'infiniment petit, origine, chez lui comme chez Newton, de la conception du calcul différentiel, recula ensuite, du moins en apparence, devant la hardiesse de l'idée, pour éviter les objections. « M. Leibnitz, dit » d'Alembert, embarrassé des objections qu'il sentait » qu'on pouvait faire sur les quantités infiniment petites, » telles que les considère le calcul *différentiel*, a mieux » aimé réduire ses infiniment petits à n'être que des » incomparables, ce qui ruinerait l'exactitude géométrique des calculs. » L'intérêt du passage de Newton se tire d'ailleurs beaucoup moins de l'exemple, sinon fâcheux, du moins piquant, qu'il donne de cette espèce d'accommodement, que du fait, surtout, de l'impuissance

de Newton lui-même, quelque bonne volonté qu'il y mette, à se réfuter; c'est-à-dire à réfuter, dans le point de vue actuel de la limite suivant Cauchy, une remarque très naturelle amenée par ses déclarations précédentes, mais qui semblerait porter atteinte à l'autorité d'Euclide quant à la notion des indivisibles et des incommensurables. Cette remarque consiste simplement à constater que l'existence, proposée par Newton, du *dernier* (ou du *premier*) rapport bien déterminé des grandeurs qui s'évanouissent (ou qui commencent d'exister), suppose nécessairement, ce que Newton venait d'ailleurs de dire et de mettre lui-même en œuvre, celle des *dernières* (ou *premières*) valeurs de ces grandeurs; et ce qui engage ici Newton à faire une sorte de rétractation et de concession, c'est la crainte de sembler, par cette conséquence trop évidente peut-être, se mettre en opposition avec Euclide. Voici, en effet, comment il s'exprime : « On » objectera peut-être que si les dernières raisons qu'ont » entre elles les quantités qui s'évanouissent sont don- » nées, les dernières grandeurs de ces quantités seront » aussi données; et qu'ainsi toute quantité sera composée » d'indivisibles, au contraire de ce qu'Euclide a démon- » tré des incommensurables dans le dixième livre de ses » éléments. » Voici la réponse. « Cette objection », dit-il, « porte sur une supposition fausse. » Laquelle? On s'attendrait que Newton indiquât ici une idée fausse, non aperçue par ceux qui lui font l'objection, et sur laquelle celle-ci repose. Mais il n'en est rien; et l'on ne voit apparaître qu'une dénégation ou un désaveu, qui se détruit d'ailleurs de lui-même par la suite de ses paroles : « Cette objection [que si le dernier rapport des gran- » deurs qui s'évanouissent est déterminé, les dernières

» valeurs de ces grandeurs sont déterminées aussi] porte
 » sur une supposition fausse; car les dernières raisons
 » qu'ont entre elles les quantités qui s'évanouissent ne
 » sont pas, en effet, les raisons des dernières quantités,
 » ou de quantités déterminées et indivisibles, mais les
 » limites dont les raisons des quantités qui décroissent à
 » l'infini approchent sans cesse, limites dont elles peu-
 » vent toujours approcher plus près que d'aucune diffé-
 » rence donnée, qu'elles ne peuvent jamais passer et
 » qu'elles ne sauraient atteindre... » (jusqu'ici tout va
 bien dans le sens de Cauchy, mais il y a ensuite quelques
 mots qui gâtent tout en mettant Newton en contradiction
 avec lui-même et en le ramenant à son premier point de
 vue) « limite, dit Newton, qu'elles ne peuvent passer et
 » qu'elles ne sauraient jamais atteindre..., *si ce n'est à*
l'infini (*). » Or, si les grandeurs qui décroissent peuvent
 tout de même atteindre leur dernière raison, quand elles
 sont, comme il le dit, diminuées à l'infini, non seulement
 on ne voit pas pourquoi la limite de Newton ne serait pas
 la raison des dernières grandeurs, mais on ne peut conclure
 autrement. En somme, il n'a donc rien répondu; et cette
 faiblesse et cette contradiction de l'argumentation de
 Newton contre lui-même est à coup sûr le gage le plus
 éloquent de la solidité de sa conception initiale. Mais il
 y a plus : ce qu'il vient de dire, et qu'un isolement
 systématique du texte pourrait seul, on le voit, tirer dans
 le sens de la limite de Cauchy, achève de se ruiner par
 deux autres remarques.

(*) «...[non] prius attingere [possunt] quàm quantitates diminuuntur in infinitum. »

La première, c'est que Newton ne trouve évidemment l'espèce d'apologie qu'il vient de faire, ni claire ni convaincante : « On comprendra, dit-il, ceci plus clairement » dans les quantités infiniment grandes. » Puis il prend un exemple où, on va le voir, de nouveau il ne parvient pas à avoir raison contre lui-même. Il propose celui du rapport $\frac{x+a}{x} = 1 + \frac{a}{x}$ quand x tend vers l'infini. « Si, » dit-il, deux quantités dont la différence est donnée » augmentent à l'infini, leur dernière raison sera donnée, » et sera certainement la raison d'égalité; cependant les » dernières, ou les plus grandes quantités auxquelles » répond cette raison, ne seront point des quantités données. » Or, on peut ici arrêter immédiatement Newton sans aucune témérité, puisqu'il suffit d'employer identiquement ses propres arguments, et constater que certainement l'unité n'est pas la dernière valeur du rapport $\frac{x+a}{x} = 1 + \frac{a}{x}$. Il suffit, en effet, de répéter textuellement pour $\frac{a}{x}$ ce qu'il a dit lui-même plus haut de la vitesse d'un mouvement qui s'éteint, et remarquer avec lui que la dernière valeur de $\frac{a}{x}$ est celle qui a lieu, non avant que $\frac{a}{x}$ soit zéro, non lorsqu'il est zéro, mais bien dans le moment que $\frac{a}{x}$ disparaît; ce qui revient à dire, ce qui est en effet très exact, que la dernière valeur de $\frac{x+a}{x}$, pour x tendant vers l'infini, est $1 + \varepsilon$ (ε = infiniment petit absolu de rapport) et nullement 1, qui n'appartient pas aux valeurs de $\frac{x+a}{x}$ dès que a existe. Il s'ensuit que l'exemple tombe à faux; la dernière valeur du rapport des grandeurs, d'après ce que Newton a lui-même établi d'abord et défendu, n'est par 1, mais $\frac{x+a}{x} = 1 + \varepsilon$,

et comme ε est entièrement défini, et *donné* par sa définition, les deux grandeurs sont données. On a $x = \frac{a}{\varepsilon}$ (*).

La seconde remarque est bien plus décisive encore, et elle achève de miner l'argumentation de fausse position de Newton. Pourquoi, demanderons-nous, Newton, qui vient de se rabattre, et sans succès, sur le vague apparent des quantités infinies, se garde-t-il, en s'efforçant de satisfaire les adversaires des indivisibles et de ménager Euclide, de considérer en cette occasion, comme il l'avait cependant fait partout jusqu'alors, les *PREMIÈRES* aussi bien que les *dernières* raisons des grandeurs?

Nous n'hésiterons pas à penser que c'est évidemment parce qu'il aperçoit trop bien que, privée de l'idée vague de l'indéfini, la satisfaction accordée serait encore plus illusoire. Il lui faudrait, en effet, dire ici que la première raison des grandeurs n'est pas la raison des premières grandeurs, mais un rapport qu'elles ont quand elles n'existent pas encore, ce qui serait tellement absurde que le parti le plus sage était évidemment de n'en point parler, si l'on voulait ménager le principe de la limite. Car, s'il est trop évident que le *premier rapport* des grandeurs qui *croissent à partir de zéro* est le rapport de leurs *premières grandeurs* (puisque ce rapport n'existe pas, si elles n'existent pas encore), il est certain que le *dernier rapport* (identique à celui-là) des *grandeurs qui décroissent* est le rapport des dernières grandeurs (les premières dans un sens étant les dernières dans l'autre); et c'est ce que, très

(*) L'unité joue ici le rôle d'une *espèce limite* (*Étude du principe de la limite*, Appendice).

heureusement, Newton a, au cours même de sa réfutation et comme malgré lui, reconnu, en disant, non pas avec Cauchy et la majorité des géomètres modernes, que la limite du rapport des grandeurs décroissantes n'est jamais atteinte, mais qu'elle ne peut être atteinte avant que les grandeurs soient diminuées à l'infini. A l'infini, en effet, on atteint le *dernier* rapport, celui qui est le *premier* quand on marche dans l'autre sens, c'est-à-dire quand les grandeurs croissent à partir de zéro. Si, dans le premier cas, l'erreur du principe de la limite par le zéro paraît moins, c'est qu'elle est noyée dans le vague de l'idée d'indéfini ; mais dans le second, elle éclate avec une irrésistible évidence, et c'est certainement la raison pour laquelle, sinon avec intention, du moins par un sentiment instinctif et très judicieux, Newton a ici prudemment évité d'en parler.

L'opposition newtonienne des *premières* aux *dernières* raisons, du *premier* état à partir de zéro au *dernier* état, état qu'on distingue moins bien dans le brouillard de l'indéfini, est et restera, à notre sens, l'argument irrésistible auquel ne répondra pas la théorie exclusive de la limite, tant qu'elle persistera à nier, en dépit des faits, l'existence nécessaire de l'infiniment petit fixe. En résumé, tout ce qui est clair et sans équivoque dans les mémorables passages des Principes de Newton sur l'analyse infinitésimale, prouve invinciblement que la notion de l'infiniment petit absolu est à la base de sa conception, tandis que le peu qu'il avance incidemment pour écarter des objections, et qu'on pourrait tirer, en l'isolant, dans un sens opposé, n'est en réalité qu'une défaite, qui se tourne, de toute l'autorité de Newton lui-même, contre et non pas pour la conception de la limite

moderne selon Cauchy. Il n'est donc pas douteux qu'il était légitime d'opposer, comme je l'ai fait, la conception de Newton à celle de Cauchy. Le Lemme II, que j'ai d'abord cité intentionnellement à cet effet, suffisait à lui seul à l'établir.

4. II. *Point de vue théorique.* — J'aborderai maintenant la seconde partie des observations de M. Mansion, celle qui concerne le point de vue mathématique pris en lui-même.

Il y a lieu à cet égard de distinguer :

1^o Le bien fondé même de la notion théorique de l'infiniment petit absolu ;

2^o La nécessité de l'admission de cette notion dans des problèmes qui, en dehors d'elle, restent sans solution.

En ce qui concerne le 1^o, la mention qui vient d'être faite de tous les passages des Principes qui s'y rapportent constituerait, semble-t-il, une autorité suffisante ; mais le témoignage de Newton fit-il défaut, il n'en serait pas moins impossible de nier que, en partant du zéro, on passe par un *premier* état de la grandeur, premier état dont les propriétés, notamment celle de ne pas être fini, et d'être, par conséquent, infiniment petit et indivisible, découlent forcément de cette simple et claire propriété d'être *premier*.

Mes honorables contradicteurs se trouvent donc en présence de la question nette, et à laquelle l'on ne peut répondre que par *oui* ou par *non*, de savoir si, en partant du zéro, on reconnaît qu'on passe par un *premier* état de la grandeur, peu importe d'abord la nature de cet état ; c'est le nœud de la question. Or, je ne pense pas que la

réponse puisse être négative, puisque, si on ne passe pas par un premier état, on ne passe évidemment par aucun (*); d'autre part, si mes honorables contradicteurs répondent *oui*, ils sont d'accord avec moi; mais alors comment serais-je dans l'erreur?

Quant au 2^o de l'argumentation, c'est, me semble-t-il, un argument très fort par son caractère populaire et d'universelle compréhension, que de proposer, dans un débat entre deux théories, des problèmes à résoudre publiquement, quand une de ces théories est, au dire de l'autre, hors d'état d'y satisfaire; et qu'il lui suffirait donc, si elle est dans le vrai, d'un mot, qui ne soit pas un argument d'autorité, pour confondre publiquement la critique. Récemment encore, j'ai présenté cette argumentation du problème à résoudre, en citant l'exemple du mécanisme élémentaire de la rotation d'un corps. Dans l'occurrence actuelle, afin de ne pas disperser la discussion, je proposerai, si mes honorables contradicteurs le veulent bien, de fixer les idées par un problème beaucoup plus simple, facile à comprendre et dont la solution, simple expression d'une notion de sens commun, est par cela même accessible à tout le monde. J'ai déjà proposé ce problème, emprunté au calcul des Probabilités, dans mon *Étude du principe de la limite* (**), mais il est utile de le rappeler, parce qu'ici il mettra particulièrement bien en évidence la notion de l'infiniment petit absolu, tout en

(*) S'il n'y a pas de premier état, il n'y a pas de deuxième, de troisième..., et par conséquent non plus aucun de ces états finis que Newton dit être engendrés par sa particule naissante.

(**) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), nos 9-10 (sept.-oct.), 1901, p. 549.

donnant lieu, comme on le verra, à des remarques constituant matière nouvelle.

Tout le monde a entendu parler du célèbre problème de Buffon : On jette une aiguille sur un parquet formé de planches parallèles et on demande la probabilité qu'elle touche les lignes de séparation. Notre problème actuel, partie intégrante de celui-là, est beaucoup plus élémentaire : On y demande simplement la probabilité que l'aiguille tombe parallèlement à une direction donnée, par exemple, qu'elle tombe parallèlement aux planches. Guidé par le sens commun, il n'est personne qui ne voie que cela n'est pas impossible, et que par conséquent la probabilité du fait n'est pas nulle.

Quelque énorme que cela paraisse, c'est néanmoins ce que le procédé de la limite contraint à déclarer : il donne pour *absolument certain* que *l'aiguille ne tombera pas parallèlement aux planches*.

Ce résultat faux prouve que le principe qui y conduit est faux lui-même; l'erreur démontre la nécessité de la notion de l'infiniment petit absolu fixe; et c'est sur ce cas net et précis que l'on réclame l'avis public des défenseurs de la limite.

Il est d'ailleurs instructif d'explorer dès à présent le champ de la réponse, pour apprécier à quel point l'argument est solide.

Dira-t-on qu'ici le principe n'est pas en défaut, mais simplement qu'il ne faut pas l'appliquer? Mais cette défaite serait le procès gagné, puisque ce ne serait, sous une autre forme, qu'un aveu de la nécessité de l'infiniment petit.

Persistera-t-on à appliquer le principe? Alors, comme il est évident que si le calcul des probabilités est bien

fondé, c'est ce principe de la limite qui est en défaut (*), il ne restera qu'à se retrancher derrière une prétendue insuffisance de la théorie des probabilités, et, pour sauver malgré tout la limite, proposer de modifier les bases du calcul des probabilités telles qu'elles ont été universellement conçues et admises par le sens commun depuis plus de deux siècles. Or, nous allons voir qu'en accordant à cet égard la plus large liberté à nos contradicteurs, ils ne gagneraient rien, sinon de revenir en cercle au point de départ, en donnant, bien malgré eux, et d'une manière d'autant plus éclatante, une démonstration nouvelle de l'idée qu'ils attaquent.

Supposons, en effet, qu'ils aient constaté que la limite, ainsi qu'on vient de le rappeler, donne une probabilité $P = 0$ à un fait qui n'est pas impossible, mais seulement extrêmement peu probable. Un parti à prendre resterait, et un seul, celui de dire : Si $P = 0$ est toujours, en probabilités, le symbole de l'impossibilité, la limite est en défaut ; il faut donc, pour qu'elle ne le soit pas, que ce symbole $P = 0$, ou une probabilité nulle, puisse aussi être le symbole d'un événement extrêmement peu probable comme celui dont il s'agit, ou le symbole de l'*improbabilité*.

Considérera-t-on comme invraisemblable l'hypothèse qu'un semblable argument soit effectivement présenté ? Il m'a été opposé cependant par plusieurs géomètres

(*) J'ai fait voir dans mon *Étude du principe de la limite* que tel est bien en effet le cas, et que l'erreur du principe est au fond une erreur analytique qui consiste à considérer le *zéro*, qui exprime simplement la *non-existence* de la grandeur, comme étant un *état* de la grandeur.

défenseurs du principe de la limite, et mérite dès lors toute notre attention ; car il sert de mesure à l'impasse où se trouve le principe de la limite, et met donc en évidence le côté extrêmement solide et la portée de la discussion.

Mes honorables contradicteurs se résoudront-ils de leur côté à ce parti ? J'en doute, et cela pour deux raisons, dont chacune suffirait.

La première, c'est le caractère illogique, pour ne pas dire absurde, qu'offrirait l'idée de représenter ce qui est *quelque chose* par ce qui n'est *rien* (à ce compte, il faudrait aussi que l'*unité*, symbole de la certitude en probabilités, devînt en même temps celui de la quasi-certitude, ou si l'on veut le symbole de la « *probabilité* »).

La deuxième raison, c'est que des événements inégalement probables, par exemple un événement réellement impossible et un événement qui peut cependant arriver, auraient des probabilités égales, puisque $0 = 0$ (*) (de même en serait-il pour un événement certain et pour un événement quasi assuré).

Voilà cependant par où il faudrait passer et à quoi se résoudre. Mais enfin, admettons qu'on accepte tout cela ; nous disons que les défenseurs du principe n'auraient encore rien gagné pour se débarrasser de l'infiniment petit absolu. Car ce n'est pas tout de décréter qu'un symbole tel que $P = 0$ deviendra celui de l'*improbabilité*, il faut encore dire à combien on entend que cette impro-

(*) Ainsi, par exemple, dans le problème « *A pense un nombre au hasard ; probabilité que ce soit n ?* », on déciderait qu'il y a ici la même chance, que *A* soit un esprit normal, ou que *A* soit un amnésique qui a perdu la mémoire du nombre *n*.

babilité absolue montera. Or, on voit bien ici, sans autre commentaire, qu'on sera contraint de réserver ce symbole à un événement dont le degré de certitude, sans être nul, ne soit aucune grandeur finie; c'est-à-dire, en d'autres termes, admettre et renseigner l'existence d'une probabilité *infiniment petite*, ou celle d'un événement infiniment peu certain; ce qui montre clairement que sous cette idée de l'*improbabilité* se cache au fond celle du *moins possible de tous les événements possibles*, c'est-à-dire celle de l'*infiniment petit absolu* de probabilité (*), et qu'après avoir sacrifié, avec le sens commun, les idées les plus simples et les plus claires de la science, on serait simplement ramené, en voulant à tout prix sauver le principe de la limite, à n'établir que plus invinciblement encore la nécessité de l'idée d'infiniment petit absolu qu'on croyait tout d'abord pouvoir éviter.

5. Nous croyons que la théorie exclusive de la limite est hors d'état de réfuter cet argument; néanmoins nous attendrons sans préjugé les éclaircissements que voudraient bien nous apporter des confrères dont nul plus que nous n'estime le talent; l'autorité qui s'attache à leurs appréciations publiques légitime à la fois notre désir et notre droit de nous justifier.

En ce qui concerne le point de vue historique, il faudrait pour nous réfuter établir que les passages si décisifs de Newton que nous avons cités et analysés sont inexactement rapportés. En ce qui concerne le point de vue

(*) Ou encore, sous une forme expressive, que sous l'idée vague de l'*extrême improbabilité* se cache l'idée géométrique claire de l'*improbabilité* EXTRÊME (la dernière de toutes, ou la *première* en venant de l'*impossibilité*).

mathématique, ce que nous entendons précisément par *éclaircissements*, et comme objets premiers auxquels on peut donner solution d'une manière courte et immédiate, c'est :

1° La réponse à la question de savoir si, en partant du zéro, on passe par un *premier* état de la grandeur ;

2° La formule algébrique de quelques lettres que nos honorables opposants proposeraient pour solution du problème dont il a été question.

6. Quoique beaucoup d'autres exemples de l'erreur du principe de la limite, que nous tenons en réserve, puissent être semblablement proposés, nous croyons ce premier problème très bon comme épreuve, tant parce qu'il est simple que parce qu'il appartient à la littérature classique, et qu'il n'est donc pas possible d'en éluder la solution. Mais il n'est évidemment qu'une des innombrables faces d'une notion fondamentale des mathématiques (*) dont la préoccupation réfléchie revient

(*) Une remarque nouvelle, je pense, et essentielle dans cet ordre d'idées, et de laquelle dépendent l'interprétation et la véritable forme de la formule de Taylor, et en général des séries, concerne les moindres accroissements Δx auxquels correspondent les dérivées des différents ordres $\frac{dy}{dx}, \frac{d^2y}{dx^2}, \dots, \Delta y, \Delta^2 y, \Delta^3 y, \dots$ étant des ordres $\Delta x, (\Delta x)^2, (\Delta x)^3, \dots$, il s'ensuit que, si ε est l'infiniment petit absolu, les moindres accroissements pour lesquels $\Delta y, \Delta^2 y, \dots$ existent, sont $\Delta x = \varepsilon, \sqrt[n]{\varepsilon}, \sqrt[n]{\varepsilon}, \dots$. On voit par là que, dans tout le champ des valeurs $x' + n\varepsilon$ autour d'un point $(x'y')$, n étant un nombre entier fini, quelque grand qu'il soit, $\frac{dy}{dx}$ conserve la même valeur ; ou que, en d'autres termes, la tangente

$$y - y' = \frac{dy}{dx} (x - x')$$

peu à peu à l'ordre du jour, et dont nous ne sommes pas seul à préciser et à restituer l'importance.

et la courbe

$$y = y' + \frac{dy}{dx}(x - x') + \frac{1}{1.2} \frac{d^2y}{dx^2}(x - x')^2 + \dots$$

coincident rigoureusement dans tout le champ $x' + n\varepsilon$, puisque $(x - x')^2 = (n\varepsilon)^2 = n^2\varepsilon^2$ n'existe pas dans ce champ ($\varepsilon^2 = \varepsilon \times \frac{\varepsilon}{1}$ n'existant pas, puisque ε est un indivisible).

Dans le champ des $x' + n\sqrt[3]{\varepsilon}$, la courbe coïncide avec une courbe du deuxième degré; dans le champ $x' + n\sqrt[5]{\varepsilon}$, avec une courbe du troisième degré, etc. On découvre par là, et on rend compréhensible, la raison d'être des contacts des divers ordres, qui n'a aucun sens concevable dans la théorie de la limite par le zéro, non plus que les objets géométriques et mécaniques (mouvement continué en vertu de l'inertie suivant la tangente, cercle de courbure, etc.) qui s'y rapportent.

Il faut donc dire, contrairement à ce qu'exposent aujourd'hui didactiquement tous les traités, non pas que la tangente a avec la courbe *un* point commun, mais bien qu'elle *a en commun avec la courbe une INFINITÉ de points* (tous ceux du champ $x' + n\varepsilon$). On peut vérifier directement ce fait sur des exemples particuliers. Ainsi, soit le cercle $x = R + \sqrt{R^2 - y^2}$. Au point $(2R, 0)$ où la tangente est verticale, x conserve la valeur $x = R$ pour toutes les valeurs $y = n\varepsilon$, car $y^2 = (n\varepsilon)^2$ n'existe pas. Le cercle y coïncide donc rigoureusement avec une portion de droite verticale, il y a une infinité de valeurs de y pour une même valeur de x , et un point qui se meut sur le cercle se meut rigoureusement sur la verticale pendant un temps infiniment petit. On comprend alors la continuation du mouvement suivant la tangente en vertu de l'inertie. Mais dans la théorie de la limite par le zéro, à laquelle ce fait échappe, la mécanique n'a pas plus de sens que la géométrie.

Dans son traité : *Geometrische Wahrscheinlichkeiten und Mittelwerte* (*) (§ 57), M. le Profr Czuber, qui y fait un usage constant du procédé de la limite, arrivé au problème même dont il s'agit, aperçoit évidemment la difficulté et se garde bien de passer à la limite.

Il se contente de donner, sans autre explication, pour expression de la probabilité cherchée, $P = \frac{d\theta}{2\pi}$ au moyen du petit angle $d\theta$ entre des directions équidifférentes.

En fait, il renseigne donc pour solution un infiniment petit, et cet infiniment petit est un infiniment petit fixe, sans quoi cette formule n'aurait pas de sens (**).

On connaît, d'autre part, les travaux récents de M. Bonnel sur l'atome en géométrie, travaux qui ont pour base, sous une autre forme, cette même notion fondamentale de l'infiniment petit absolu, et desquels on

(*) Leipzig, Teubner, 1884, par E. Czuber, professeur à l'École supérieure polytechnique de Vienne (p. 80 de la traduction française de M. le cap. Schuermans).

(**) Ce qu'il faut retenir ici avant tout, c'est le *non-passage* à la limite, évidemment à raison du résultat faux que la limite donnerait. Mais d'ailleurs il faut bien observer que pour « l'infiniment petit » $d\theta$ de Cauchy, c'est-à-dire pour une *quantité variable toujours finie*, l'expression $P = \frac{d\theta}{2\pi}$ aurait une signification aussi fautive que celle de la limite elle-même, d'abord parce que P changerait, et que, en revenant par exemple dans une heure, on pourrait trouver la probabilité du même événement déterminé réduite de moitié, ensuite parce que P serait toujours finie. La vraie solution donnée dans notre *Étude du principe de la limite* est fournie par l'expression précédente, où $d\theta$ est le *plus petit de tous les angles*, ou l'*infiniment petit absolu* d'angle.

aurait pu dire avec raison, comme on l'a fait, que, depuis l'invention, on n'avait rien produit de plus remarquable en théorie infinitésimale, si, comme nous l'avons établi dans cette note, ces idées n'avaient pas été, en fait, la base même des conceptions de Newton. D'après ce que j'ai assez fait voir, il y a plus de dix ans, dans mon *Étude du système des forces* (Appendice) (*), et comme cela résulte d'ailleurs en fait de l'analyse présentée avant moi par M. Mansion lui-même et que je me suis fait un devoir d'y citer, ces travaux actuels font partie d'une chaîne qui de Leibniz et Newton, Huyghens et Bernouilli, à Poisson, Poincaré, Cournot et d'autres, relie entre eux d'une manière bien marquée les efforts des défenseurs de l'infiniment petit fixe, c'est-à-dire, à notre sens, du vrai principe et de la raison d'être du calcul différentiel.

7. Pratiquement, ce qui paraît bien caractériser aujourd'hui la situation, c'est que tout un ordre de questions et de problèmes, non prévus jusqu'ici par la théorie de la limite, et qui, par cela même, semble l'embarrasser considérablement, échappe en réalité à son application, qui devient fautive.

Il n'y a rien de désobligeant à le signaler, ni rien de pénible à le reconnaître, puisque nous passons et qu'il n'y a d'intérêt que la vérité.

(*) *Mém. de l'Acad. roy. de Belgique*, t. XLVIII.

Sur des termes nouveaux du second ordre de la nutation ;
par F. Folie, membre de l'Académie.

J'ai fait voir qu'il est impossible de calculer correctement la précession si l'on omet de tenir compte de l'aberration systématique. O. Struve en avait fait la remarque dans sa détermination de cette constante (*); mais il n'a pas exposé les formules qui en découlent; elles figurent, en ascension droite et en déclinaison, dans ma *Revision des constantes de l'astronomie stellaire* (**).

Occupé, en ce moment, d'une détermination nouvelle des constantes de la nutation et de l'aberration, je me suis dit que, dans cette recherche également, il y aurait lieu de tenir compte de l'aberration systématique.

Comme les termes qui dépendent du nœud, prépondérants, du reste, sont les seuls auxquels il soit nécessaire d'avoir égard, je ne rechercherai que l'expression de ceux-ci, et par là-même on verra qu'il est généralement tout à fait superflu de s'occuper des autres. On a

$$(1) \quad \Delta\alpha' - \cos \varepsilon \Delta\psi = \sin \alpha' \operatorname{tg} \delta' \sin \varepsilon \Delta\psi - \cos \alpha' \operatorname{tg} \delta' \Delta\delta,$$

α' et δ' désignant les coordonnées *apparentes*, c'est-à-dire affectées de l'aberration, tant annuelle que systématique. Car c'est bien vers le lieu *apparent*, et non vers le lieu *vrai*, qu'est dirigé l'axe optique de la lunette, dont on a à calculer la position; ses coordonnées sont donc α' , δ' , non α , δ .

(*) *Mém. de l'Acad. de Saint-Petersbourg*, 6^e sér., t. III.

(**) *Revision des constantes de l'astronomie stellaire*, p. 102.

Commençons par avoir égard à l'aberration systématique; dans ce cas,

$$(2) \quad \begin{cases} \alpha' = \alpha - k' \sec \delta \sin (A' - \alpha); \\ \delta' = \delta + k' [\sin \delta \cos (A' - \alpha) - T' \cos \delta]. \end{cases}$$

k' désigne la constante *réduite* (projetée sur l'équateur) de l'aberration systématique, A' l'ascension droite de l'Apex, T' la tangente de sa déclinaison. Si l'on porte les expressions (2) dans la formule (1), on verra qu'à l'expression usuelle de la nutation en ascension droite il y a lieu d'ajouter

$$(3) \quad \Delta^2 \alpha = -k' \operatorname{tg} \delta \sec \delta [\sin (A' - \alpha) \sin \epsilon \Delta \psi + \cos (A' - 2\alpha) \Delta \theta].$$

J'ai supprimé le terme insignifiant :

$$k' T' \sec \delta \cos \alpha \Delta \theta.$$

En ne considérant que les termes du nœud, on aura

$$\Delta \theta = 9''.22 \cos \delta, \quad \sin \epsilon \Delta \psi = -6''.81 \sin \delta,$$

et l'on obtiendra

$$(5') \quad \Delta^2 \alpha = k' \operatorname{tg} \delta \sec \delta. 9''.22 [0.87 \cos (\Omega - A' + 2\alpha) + 0.15 \cos (\Omega + A' - 2\alpha)].$$

Ce terme du second ordre peut s'élever, à l'époque

(*) *Ibid.*

actuelle, à 0^s,004, et ne doit pas être négligé dans des recherches de précision.

L'aberration annuelle donne également naissance à un terme du second ordre, dont il y a lieu de tenir compte.

Remplaçons, dans la formule (1),

$$\alpha' \text{ par } \alpha + A_{\alpha}, \quad \delta' \text{ par } \delta + A_{\delta}.$$

A_{α} et A_{δ} désignant l'aberration en ascension droite et en déclinaison, nous trouverons immédiatement qu'à l'expression usuelle de $\Delta\alpha$, il faut ajouter

$$(4) \quad \begin{aligned} \Delta^2\alpha = & \operatorname{tg} \delta A_{\alpha} (\cos \alpha \sin \epsilon \Delta\psi + \sin \alpha \Delta\theta) \\ & + \sec^2 \delta A_{\delta} (\sin \alpha \sin \epsilon \Delta\psi - \cos \alpha \Delta\theta). \end{aligned}$$

Réduite à ses termes essentiels, cette formule devient

$$(4') \quad \begin{aligned} \Delta^2\alpha = & -9''.2 \operatorname{tg} \delta A_{\alpha} [0.87 \sin (\odot - \alpha) - 0.15 \sin (\odot + \alpha)] \\ & - 9''.2 \sec^2 \delta A_{\delta} [0.87 \cos (\odot - \alpha) + 0.15 \cos (\odot + \alpha)] \\ & - 0''.55 \operatorname{tg} \delta A_{\alpha} \sin (2 \odot - \alpha) \\ & - 0''.55 \sec^2 \delta A_{\delta} \cos (2 \odot - \alpha) \end{aligned}$$

La valeur maximum des coefficients

$$9''.22 \operatorname{tg} \delta A_{\alpha} \text{ et } 9''.22 \sec^2 \delta A_{\delta}$$

peut s'élever, à l'époque actuelle, à 0^s,075 de temps pour la polaire.

Quant aux termes de nutation qui dépendent de $2 \odot$, on aurait au maximum 0^s,008 comme valeur des coefficients correspondants; et $\Delta^2\alpha$ pourrait donc dépasser le 0^s,01.

Mais, surtout, le terme nodal de la formule (4') ne

peut certes être omis dans aucune réduction de circom-polaires.

Et l'on conçoit que la négligence des termes de cette formule, qui dépendent tous de l'aberration, forme un obstacle à la détermination correcte de sa constante.

On peut en dire de même quant à la constante de la nutation, puisque le nœud entre comme argument dans les deux premiers termes de (4').

Une détermination nouvelle de ces deux constantes s'impose, et nous nous proposons de l'effectuer.

—

Électrolyse des gaz; par Charles Terby,
docteur en sciences physiques et mathématiques.

INTRODUCTION.

Les premières expériences faites sur l'électrolyse des gaz sont celles de Perrot sur la *vapeur d'eau* (1). Il faisait passer un courant de vapeur dans un appareil muni de deux électrodes, entre lesquelles il faisait jaillir l'arc électrique. Chacune des électrodes était fixée dans un tube de verre, dans lequel pénétraient les produits gazeux : ceux-ci étaient recueillis ensuite de part et d'autre et soumis à l'analyse. Le résultat de Perrot fut catégorique. Il obtint toujours l'hydrogène au pôle négatif, l'oxygène au pôle positif.

(1) J.-J. THOMSON, *Décharges électriques dans les gaz*, traduit en français par L. Barbillon, ch. II, p. 90.

Plus tard, J.-J. Thomson, avec un appareil analogue, reprit les mêmes expériences d'une manière plus étendue (1). Comme Perrot, il obtint en général de l'hydrogène au pôle négatif, de l'oxygène au pôle positif, mais dans des proportions qui variaient avec les conditions de l'expérience; ses résultats furent beaucoup moins absolus que ceux de Perrot. J.-J. Thomson lui-même, après avoir indiqué l'analogie qu'il trouve entre l'électrolyse de l'eau et celle de la vapeur d'eau, résume d'ailleurs ses conclusions dans les termes suivants :

« Il y a toutefois cette remarquable différence entre
 » l'électrolyse de la vapeur d'eau et celle de l'eau, que,
 » dans le cas du liquide, l'hydrogène se dégage toujours
 » au pôle négatif, l'oxygène au pôle positif; dans le cas
 » de la vapeur, au contraire, les deux gaz apparaissent
 » simultanément tantôt à une électrode, tantôt à une
 » autre, suivant la *nature de l'étincelle*. »

J.-J. Thomson fit d'autres expériences sur ce même sujet, et elles sont de deux sortes : il étudia les *mélanges gazeux* et les *gaz décomposables par l'électricité* (2).

Il opéra d'abord sur un mélange d'hydrogène et de chlore, dans lequel il prit le chlore en très petite quantité. Il fit ses expériences au moyen d'un long tube capillaire recourbé en forme d'U; l'extrémité de chacune des branches était terminée par une sorte d'ampoule dans laquelle se trouvait soudée une électrode en platine; le mélange gazeux introduit dans l'appareil avait une pression de quelques millimètres; dans ces conditions, le

(1) J.-J. THOMSON, ouvrage cité, ch. II, p. 92.

(2) J.-J. THOMSON, *Proc. R. S.*, 1895, t. 58, p. 244.

courant d'une bobine de Ruhmkorff passait aisément d'une électrode à l'autre. J.-J. Thomson, en observant au moyen du spectroscope la région voisine de chaque électrode, vit nettement au pôle positif les raies du chlore, et au pôle négatif celles de l'hydrogène. Conformément à ces résultats, Thomson *conclut au fait de l'électrolyse des gaz*.

Quelques années plus tard, Moriss Airey (1) fit des expériences analogues au moyen d'un appareil modifié; par une série de recherches fort bien conduites, il aboutit à la conclusion qu'il n'y avait pas de transport de chlore, comme l'avait prétendu J.-J. Thomson. Airey attribue les phénomènes observés à une différence de température des électrodes, les raies du chlore apparaissant toujours dans la région la plus chaude du tube. A cette contradiction, J.-J. Thomson répondit que Airey avait fait ses expériences dans des conditions différentes des siennes, notamment avec une plus grande quantité de chlore, et que par suite une diffusion du gaz avait dû se produire et modifier le résultat.

Passons à la seconde série d'expériences de J.-J. Thomson, celles qu'il fit sur des *gaz composés décomposables par l'électricité*. Il fit notamment l'étude de l'acide chlorhydrique, du chloroforme, du sulfure de carbone.

Ici encore, la base de la méthode était l'analyse spectrale; mais l'appareil dont il se servait était différent du précédent: il se composait d'un long tube, aux extrémités duquel se trouvaient soudées deux électrodes en platine; le tube était divisé en deux par une épaisse cloison

(1) MORISS AIREY, *Phil. Mag.*, 1900, t. I, p. 307.

métallique, de sorte que la face de cette cloison tournée vers l'électrode positive pouvait être considérée comme négative, et l'autre face comme positive. J.-J. Thomson observait successivement de part et d'autre de la plaque métallique le spectre des gaz et en déduisait la nature des produits de la décomposition. Dans le cas de l'acide chlorhydrique, il obtint des raies plus brillantes pour l'hydrogène à la face négative qu'à la face positive, tandis que le spectre du chlore était plus brillant à la face positive. Quant au chloroforme, les raies de l'hydrogène et du chlore semblaient aussi intenses des deux côtés.

L'ensemble de ces expériences est loin de conduire à une solution décisive. Mais il y a plus : le procédé employé pour constater l'électrolyse, qui est l'observation au spectroscope, n'est pas des plus sûrs; en effet, les raies spectrales des différents corps varient suivant les conditions des expériences; il se pourrait que le pôle où la présence d'un corps a été révélée ne fût pas sans influence sur le spectre observé de ce corps; que les raies spectrales du chlore, par exemple, s'observassent plus facilement au pôle positif qu'au pôle négatif. Bien plus, Lewis (1) a démontré que la présence d'une très petite quantité d'un gaz au sein d'un autre gaz a une influence très considérable sur le spectre de cet autre gaz. Toutes les expériences qui précèdent sont donc pour ce seul motif sujettes à caution.

Les dernières expériences relatives à notre sujet sont celles de Wiedemann et Schmidt (2). Ces physiciens ont

(1) LEWIS, *Ann. der Physik*, t. II, p. 447.

(2) *Annales de Wiedemann*, t. LXI, p. 737.

opéré sur l'acide chlorhydrique, l'acide bromhydrique, le bichlorure de mercure, le biiodure de mercure, à faible pression. Le procédé utilisé pour découvrir l'électrolyse était en principe l'analyse des produits de décomposition récoltés au voisinage de chaque électrode, après le passage de l'étincelle. De l'excès d'un des produits de décomposition à l'un ou à l'autre pôle, on pouvait déduire l'existence d'un phénomène d'électrolyse. Wiedemann et Schmidt ne trouvèrent en définitive aucun excès important d'éléments à l'un ou l'autre pôle, d'où ils ont conclu qu'il n'existait pas pour les gaz d'électrolyse selon la loi de Faraday.

Le résultat de Wiedemann et Schmidt éveille donc un doute sur la valeur des expériences de J.-J. Thomson, sans toutefois exclure un phénomène d'électrolyse pouvant être décelé par des moyens plus délicats qu'une analyse chimique.

Il résulte de ce qui précède que l'existence dans les gaz d'une électrolyse analogue à celle des liquides est une question discutée et qui semble mériter d'être examinée d'une manière attentive. C'est pourquoi nous avons entrepris avec des méthodes différentes des essais sur des gaz déjà étudiés, ainsi que sur des gaz nouveaux.

I. — APPAREILS ET MÉTHODES.

Nous avons fait nos expériences au moyen de l'appareil représenté par la figure 1. Cet appareil est constitué comme suit : à un tube capillaire AB, de 6^{cm},5 de longueur environ, sont soudés deux tubes plus larges BC et AD, d'environ 7^{cm},5 et 16 centimètres de longueur respectivement, et de 10 millimètres de diamètre environ.

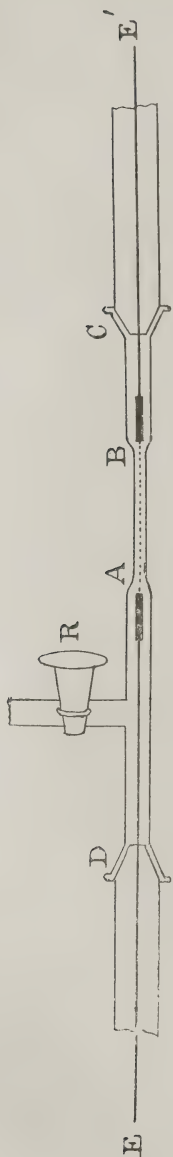


FIG. 1.

Les parties larges du tube sont terminées par des extrémités rodées dans lesquelles peuvent se placer deux pièces mobiles C et D, destinées à fermer l'appareil. Dans ces pièces sont fixées, au moyen de paraffine, les deux électrodes E, E' en métal, dont les extrémités aboutissent en A et B. Ces électrodes sont, suivant les cas, en cuivre ou en cuivre doré, et elles ont 4 millimètres de diamètre. A l'une des parties larges du tube est soudé un robinet R, destiné à faire le vide et à introduire le gaz dans l'appareil. Voici quelle a été notre manière d'opérer :

Nous avons commencé par faire le vide dans l'appareil, et nous y avons introduit une première fois le gaz ; nous avons répété ces deux opérations environ cinq fois afin d'extraire autant que possible l'air qui restait dans l'appareil, et nous avons terminé en raréfiant le gaz jusqu'à une pression d'environ 15 millimètres. Ensuite nous avons

relié les deux électrodes fixées dans l'appareil aux deux pôles d'une puissante bobine de Ruhmkorff. Un tube-soupape, destiné à maintenir constant le sens du courant, se trouvait dans le circuit.

Cela fait, nous avons fait passer les effluves pendant un temps plus ou moins long. Alors, suivant la nature des gaz, deux cas peuvent se présenter :

1° Au moins l'un des éléments, produits de la décomposition, est solide. Dans ce cas, l'inspection des électrodes et des dépôts formés sur le verre, au voisinage de celles-ci dans le tube capillaire et dans les tubes plus larges, permet parfois de constater le transport des particules matérielles dans l'une ou l'autre direction, ce qui, à ce point de vue, constitue une sorte de phénomène d'électrolyse.

2° Les produits de la décomposition sont exclusivement des éléments gazeux : dans ce cas, un autre mode d'observation est nécessaire. Nous avons eu recours à un procédé assez délicat, basé sur le fait suivant : Quand deux tiges d'un même métal et de proportions identiques plongent à la même profondeur dans de l'eau rendue légèrement conductrice au moyen d'un sel qui n'attaque pas le métal, et qu'on les relie à un galvanomètre, si les deux électrodes sont bien identiques, si aucune d'elles n'a subi la moindre altération, on n'observera théoriquement aucune déviation au galvanomètre. Mais pour peu que l'une des deux électrodes ait été attaquée au préalable par un gaz, cette attaque sera aussitôt manifestée par une déviation considérable, à condition toutefois d'opérer rapidement, car la déviation diminue progressivement dans certains cas, par suite du contact des électrodes avec la solution conductrice. C'est là une

précaution qui a été de rigueur dans toutes nos recherches. Cela étant, supposons que nous nous soyons assuré de la situation autant que possible identique de nos deux électrodes, en constatant que placées dans une solution de chlorure de sodium et reliées au galvanomètre, elles ne donnent pas ou presque pas de déviation; après les avoir séchées et rincées successivement dans l'alcool et l'éther, fixons-les dans l'appareil décrit; puis faisons passer pendant quelques instants les effluves, après avoir rempli l'appareil du gaz sur lequel nous voulons opérer; retirons-les ensuite de l'appareil pour les replonger à une profondeur de 1 ou 2 millimètres dans la solution de chlorure de sodium, et les relier au galvanomètre; nous ne constaterons aucune déviation nouvelle s'il n'y a pas eu d'électrolyse; au contraire, s'il y a eu une électrolyse, c'est-à-dire transport de l'un des éléments dans un sens, et de l'autre dans le sens opposé, et que, par suite, les électrodes soumises ainsi à l'action de gaz différents auront été modifiées inégalement, *cette modification des électrodes sera trahie au galvanomètre par une déviation notable*. De plus, le *sens* de cette déviation pourra, par voie de comparaison, nous renseigner sur la nature des éléments déposés à chaque pôle.

Nous avons déterminé approximativement la sensibilité de cette manière d'opérer; ce calcul se fait facilement, grâce à la loi de Faraday sur l'électrolyse des liquides. En effet, si l'on plonge deux pièces métalliques dans une solution saline, de chlorure de sodium, par exemple; si, d'une part, on mesure la résistance de cette solution entre les deux électrodes placées d'une manière déterminée dans le liquide; si, d'autre part, on électrolyse la même solution au moyen des deux mêmes électrodes

placées de la même manière, avec une force électromotrice connue et pendant un temps déterminé, on en déduit par la loi citée la quantité de chlore qui a pu se dégager à l'électrode positive. Or, il ressort de ce calcul qu'une quantité de chlore pesant $\frac{28}{10}^7$ grammes a été dégagée à l'une des électrodes de cuivre pendant le temps durant lequel nous avons fait passer le courant. Ces deux électrodes ont été ensuite plongées dans une solution de chlorure de sodium environ $\frac{1}{200}$ normale, et reliées au galvanomètre; nous avons constaté alors une déviation de 50 divisions de l'échelle; avant l'attaque par le chlore, la déviation était de quelques degrés seulement. Nous avons donc là un moyen facile et sensible pour déterminer les modifications subies par les électrodes.

Pour ces expériences, nous avons employé un galvanomètre de Wiedemann, dont nous avons déterminé la sensibilité; ce galvanomètre donnait une déviation de 1 millimètre de l'échelle pour un courant de $\frac{8}{10}^8$ Ampère, quand on observait à 1 mètre de l'échelle.

Remarquons que l'emploi d'un appareil à tube capillaire est à conseiller; en effet, en employant un tube large, dans le cas où un transport d'éléments aurait lieu, une diffusion serait à craindre, les gaz transportés aux deux pôles pouvant aisément repasser de l'un à l'autre; on obtiendrait ainsi des résultats moins nets. De nombreuses expériences que nous avons faites d'abord avec différents appareils plus ou moins larges ont donné des résultats beaucoup moins satisfaisants que ceux obtenus dans la suite, ce qui confirme la remarque précédente.

Pour la même raison, il semble préférable de ne pas faire passer le courant trop longtemps; car pour peu

qu'on maintienne le passage des effluves pendant quelque temps, les éléments pourraient encore se diffuser, et cette diffusion rendrait encore impossible la constatation de la modification primitive des deux électrodes.

II. — EXPÉRIENCES ET RÉSULTATS PRINCIPAUX.

Les gaz et vapeurs sur lesquels ont porté nos expériences sont : l'acide chlorhydrique, l'acide iodhydrique, l'acide sulhydrique, l'anhydride sulfureux, le chlorure de soufre, le tétrachlorure de silicium, le sulfure de carbone, le chloroforme, le tétrachlorure de carbone, le brome.

Voici les principales expériences faites sur chacun d'eux et les résultats correspondants :

1. — *Acide chlorhydrique.*

Nous avons opéré sur l'acide chlorhydrique gazeux sec que nous avons introduit dans l'appareil de la manière indiquée, et en raréfiant la dernière fois le gaz jusqu'à une pression de 15 millimètres environ. Puis nous avons fait passer le courant pendant des temps variant de quelques secondes à une demi-heure à l'aide de la bobine de Ruhmkorff. Nous avons ensuite recherché si les électrodes soumises à l'effluve donnaient une déviation quand on les reliait au galvanomètre.

En général, dans ces expériences, comme dans les suivantes, une lueur dont la teinte varie avec la nature des gaz s'étend dans le tube de l'extrémité d'une électrode à l'autre ; cette lueur couvre une partie plus ou moins grande des électrodes, principalement du côté

négatif. En plongeant de 1 ou 2 millimètres les électrodes dans la solution saline, nous avons donc soumis à l'examen les parties recouvertes par l'effluve.

Avec l'appareil décrit, en faisant passer le courant de la bobine pendant dix à vingt minutes, nous avons obtenu au galvanomètre des déviations de 45 millimètres et 25 millimètres à gauche de l'échelle. Or, si l'on prend les deux électrodes nettoyées, et si on place l'une d'elles dans une atmosphère contenant un peu de chlore, si l'on plonge ces deux électrodes dans la solution de chlorure de sodium et qu'on les relie au galvanomètre, on obtient également une déviation à gauche, si toutefois l'électrode chlorée se trouve attachée au même fil du galvanomètre que celui où était fixée primitivement l'électrode reliée d'abord au pôle positif de la bobine.

Quatre autres expériences ont donné avec le même appareil trois déviations à gauche, respectivement de 8 millimètres, 25 millimètres et 5 millimètres, et une déviation à droite de 10 millimètres. Ainsi, dans la grande majorité des cas, les déviations sont à gauche, mais souvent elles sont petites.

Les expériences précédentes ne sont pas à l'abri de la critique : en effet, le cuivre est déjà attaqué par l'acide chlorhydrique gazeux, et une électrode propre comparée à une électrode qui a été plongée dans l'acide chlorhydrique donne une déviation de 40 millimètres environ. Deux électrodes qui ont été soumises ensemble à l'action de l'acide chlorhydrique gazeux donnent également une déviation, mais beaucoup moindre, tantôt à droite, tantôt à gauche.

Pour éviter ces inconvénients, nous avons employé des électrodes en cuivre doré; nous avons obtenu ainsi,

après avoir fait passer les effluves pendant une demi-minute et une minute, une déviation de 50 millimètres à gauche. L'électrode positive semblait avoir subi une légère altération. Pour savoir d'une façon plus certaine si la déviation était due au chlore, nous avons pris deux électrodes dorées propres qui ne donnaient pas de déviation; nous avons soumis l'une d'elles au chlore; en les remettant dans le circuit, en ayant soin de placer l'électrode soumise au chlore à la place de l'électrode positive, nous avons constaté une très grande déviation dans le même sens que précédemment. L'attaque de l'électrode positive par le chlore est donc bien la cause de la déviation.

2. — *Acide iodhydrique.*

Nous avons opéré de la même façon sur l'acide iodhydrique; aussitôt après le passage des premières effluves, une notable quantité d'iode s'est visiblement portée au pôle positif et a envahi peu à peu le tube capillaire qui s'est coloré tout en brun, de même que la partie du tube de verre du côté du pôle positif. Nous avons interrompu le courant après deux minutes. L'électrode elle-même n'avait guère changé d'aspect. Il y a eu dans ce cas une décomposition rapide de l'acide iodhydrique en iode et hydrogène, l'iode se portant au pôle positif.

3. — *Acide sulfhydrique.*

Ce gaz paraît, comme l'acide iodhydrique, devoir bien se prêter aux expériences, car il est, comme lui, composé d'un élément positif et d'un élément négatif. Comme

pour l'acide chlorhydrique, les premières expériences ont été faites avec des électrodes ordinaires en cuivre. En faisant le vide aussi grand que possible, et en faisant passer les effluves pendant un quart d'heure, l'électrode positive était devenue beaucoup plus noire que l'électrode négative. La déviation obtenue au galvanomètre était de 60 millimètres à gauche.

Une expérience faite à la pression atmosphérique en faisant passer les effluves pendant trois ou quatre minutes a donné le même résultat et un dépôt de soufre sur le verre, également au pôle positif. D'autres expériences faites à la moitié de la pression atmosphérique et à la pression entière pendant quelques minutes ont donné une attaque des deux côtés.

Pour savoir d'une façon certaine de quel côté s'est déposé le soufre, après nous être assuré que deux électrodes propres ne donnaient pas de déviation, nous avons sulfuré une de ces deux électrodes, puis nous l'avons reliée au galvanomètre avec une propre, l'électrode sulfurée étant à la place qu'occupait précédemment celle qui avait été reliée au pôle positif. Nous avons ainsi obtenu une déviation de 45 millimètres à gauche. Ce sens est conforme aux premiers résultats mentionnés. Le soufre s'est donc porté au pôle positif.

Les résultats précédents sont sujets à discussion, les deux électrodes étant plus ou moins attaquées par l'acide sulfhydrique avant le passage des effluves. Pourtant, cette attaque est faible lorsque le gaz et les électrodes sont bien secs. En tout cas, cette attaque n'est pas comparable à celle qui a lieu à l'électrode positive.

4. — *Sulfure de carbone.*

Une première expérience à une pression de quelques centimètres a donné par le passage des étincelles pendant huit minutes un grand changement d'aspect aux deux électrodes, notablement plus sensible au pôle négatif.

Pour une pression de 15 millimètres environ, et en faisant passer les étincelles pendant quelques minutes, l'attaque des électrodes a été la même des deux côtés. Le dépôt semblait se faire en même temps aux deux pôles, et les extrémités des tubes larges ainsi que le tube capillaire se sont recouverts d'un enduit en partie brun et en partie noir, le dépôt noir étant surtout du côté positif. La déviation était presque nulle.

Une expérience faite avec les électrodes dorées, le vide étant de 15 millimètres environ, a donné le même résultat après le passage des étincelles pendant quinze secondes. Sur le tube, le dépôt de soufre était cependant plus fort du côté positif.

En résumé donc, avec le sulfure de carbone, le soufre semble se porter plus ou moins des deux côtés. Il y a des déviations faibles, tantôt dans un sens, tantôt dans un autre, ce qui semble montrer qu'il n'y a pas de phénomène aussi marqué dans ce cas que dans les précédents.

5. — *Anhydride sulfureux.*

Nous avons fait quelques expériences à la pression atmosphérique, à la moitié de cette pression, et à une pression de 15 millimètres environ. En général, il y a eu

de fortes déviations au galvanomètre, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre; les deux électrodes sont devenues noires : cela résulte sans doute de l'attaque du soufre et de l'oxygène. Dans le cas où la pression était de 15 millimètres, l'espace compris entre les électrodes s'illuminait d'une lueur verdâtre, mais principalement du côté négatif. En résumé, le sens des déviations n'étant pas constant, il est difficile de conclure d'une façon certaine.

6. — *Chlorure de soufre* (S_2Cl_2).

Deux expériences avec les électrodes ordinaires en cuivre, l'une à la pression de quelques centimètres, l'autre à une pression de 15 millimètres, ont donné des dépôts et des déviations contradictoires; celles-ci cependant étaient faibles. Mais ces expériences ne sont pas concluantes, parce que le chlorure de soufre attaque les électrodes en cuivre; c'est pourquoi, ici encore, nous avons dû avoir recours aux électrodes en cuivre doré; et en faisant passer à deux reprises les étincelles pendant environ une minute, nous avons obtenu des déviations à gauche, l'une de 95 millimètres et une autre dans le même sens, mais moins forte. Dans l'un des deux cas, l'électrode négative avait changé de teinte. Le sens de la dernière déviation est encore conforme à celui obtenu en comparant une électrode en cuivre doré propre avec une électrode soumise au chlore. Dans ce cas donc, il y a décomposition, et le chlore semble se porter du côté positif.

7. — *Tétrachlorure de carbone.*

Une expérience faite à la pression d'environ 15 millimètres a donné, en faisant passer les effluves pendant quelques minutes, un fort dépôt brun au pôle négatif, seulement sur le tube. Les électrodes ont pris une teinte jaune-brun, noire en partie du côté négatif. La déviation était de 15 millimètres à gauche. Le tube ouvert dégageait une odeur de chlore.

En ne laissant passer les effluves que pendant cinq secondes dans les mêmes conditions que précédemment, nous n'avons obtenu aucun dépôt sur le tube; la déviation était de 57 millimètres à gauche, sens conforme à celui obtenu en soumettant à l'action du chlore une électrode en cuivre ordinaire.

8. — *Chloroforme.*

En faisant passer l'étincelle pendant sept minutes environ, le gaz étant à la pression de quelques centimètres, les deux électrodes ont changé d'aspect; sur le verre, il y avait du côté négatif un dépôt brun. L'appareil ouvert dégageait des vapeurs d'acide chlorhydrique.

Dans une seconde expérience faite à la pression de 15 millimètres pendant dix secondes environ, nous avons obtenu également un changement de teinte des électrodes, mais pas de dépôt sur le verre, le temps étant trop court. Il y a également eu dégagement d'acide chlorhydrique. La déviation au galvanomètre était de 60 millimètres à gauche; elle était bien due à l'attaque de l'acide, car, pour nous en assurer davantage, nous

avons pris deux électrodes identiques, puis nous avons trempé l'une des deux dans l'acide chlorhydrique dilué, et en les plaçant de façon que cette dernière occupât la position de l'électrode positive dans l'expérience précédente, nous avons obtenu une déviation de 90 millimètres à gauche, donc dans le même sens.

Enfin, une dernière expérience avec l'appareil décrit en faisant passer les effluves pendant quelques minutes a donné une déviation de 80 millimètres à gauche, et a confirmé ainsi les résultats précédents.

Pour vérifier s'il y a réellement un transport d'éléments plus considérable dans un sens que dans l'autre, nous avons employé ensuite un appareil du même genre que celui que nous avons décrit, mais qui avait en son milieu un deuxième robinet R'. Dans le cas actuel, le tube AB, il est vrai, n'était pas capillaire. Il est pourtant à remarquer que l'ouverture du robinet R' était très étroite. Cet appareil est représenté par la figure 2.

Voici l'usage du robinet R' : Nous avons vu qu'après le passage des étincelles, il sortait des fumées d'acide chlorhydrique de l'appareil; d'après les déviations, cet acide chlorhydrique devait se porter vers le pôle positif. Or, s'il en est ainsi, nous devons, avec le présent appareil, si nous prenons la précaution d'empêcher la communication entre A et B en fermant le robinet R' aussitôt après la dernière effluve, obtenir plus de fumées d'acide au côté positif qu'au négatif. Si nous n'obtenions ces fumées qu'au pôle positif, ce serait un signe que tout l'acide chlorhydrique se porte au pôle positif. Or voici les résultats que nous avons obtenus :

Nous avons raréfié le gaz jusqu'à une pression de 15 millimètres environ, et fait passer les effluves pendant

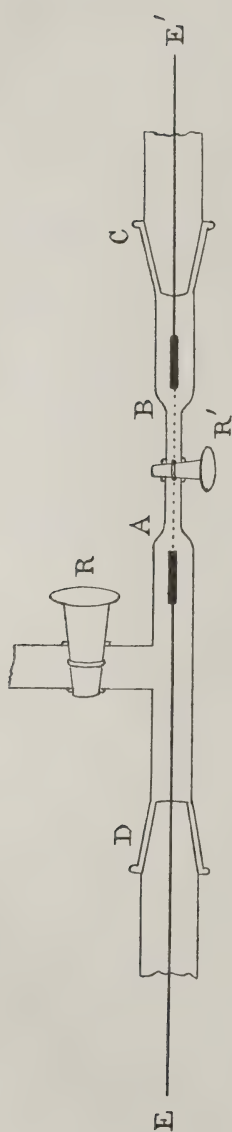


FIG. 2.

une minute. En retirant les électrodes de l'appareil, il est sorti aux deux extrémités des fumées d'acide chlorhydrique, en apparence en quantités égales. Cependant, les deux électrodes reliées au galvanomètre ont donné une déviation de 100 millimètres à gauche. La même expérience répétée a donné une déviation de 60 millimètres à gauche. Le sens de ces déviations montre donc que, à l'encontre des apparences, il y avait plus d'acide chlorhydrique au côté positif, ou que ce pôle avait subi une attaque plus vive de l'acide et du chlore, produits de la décomposition du chloroforme.

9. — *Tétrachlorure de silicium.*

Une première expérience à la pression d'environ 15 millimètres en faisant passer les effluves pendant quarante-cinq secondes seulement n'a donné aucun dépôt ni aucune déviation.

Une autre, faite à la même pression, mais en faisant passer les effluves pendant dix minutes, a donné une déviation de 45 millimètres à gauche. L'électrode positive était devenue d'une teinte jaune-brun et il n'y avait pas de dépôt sur le tube. Le sens de la déviation de 45 millimètres est le même que celui obtenu quand on compare une électrode propre en cuivre ordinaire à une électrode identique soumise au chlore. Cette dernière expérience est donc décisive, et permet de conclure à la décomposition de la vapeur en silicium et en chlore.

10. — *Brome.*

Nous avons rempli l'appareil à tube capillaire de brome, et après y avoir fait le vide jusqu'à la pression de 15 millimètres environ, nous avons fait passer pendant deux minutes les effluves entre les deux électrodes. Reliées au galvanomètre, ces électrodes ont donné une forte déviation à droite.

Nous avons nettoyé ensuite les deux électrodes et constaté leur égalité au galvanomètre; puis nous avons soumis l'électrode positive au brome. La déviation a été de 40 millimètres à droite. Ces expériences ont été répétées plusieurs fois et ont toujours donné le même résultat.

Tout se comporte donc, quoique nous ayons ici employé un corps simple et que, par conséquent, il ne puisse être question d'électrolyse, comme si l'électrode positive était attaquée plus fortement par le brome, qui remplissait cependant également tout l'appareil.

III. — RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS.

Les résultats qui précèdent montrent que tous les gaz et vapeurs ne se comportent pas de la même manière.

Chez certains gaz, il semble y avoir des phénomènes dénotant clairement une attaque sensiblement plus grande à une électrode qu'à l'autre, ce qui prouverait à première vue que ces gaz et vapeurs sont susceptibles d'un phénomène d'électrolyse.

C'est le cas, en particulier, pour l'acide chlorhydrique, l'acide iodhydrique, l'acide sulfhydrique, le chlorure de soufre, le tétrachlorure de carbone, le chloroforme, le tétrachlorure de silicium. Par contre, le sulfure de carbone et l'anhydride sulfureux n'ont pas donné de résultats bien nets.

On peut remarquer que ces gaz sont précisément ceux composés de deux éléments négatifs, tandis que ceux qui ont donné les résultats les plus concluants sont composés d'un élément positif et d'un élément négatif, ou encore d'un élément négatif très énergique, tel que le chlore, et d'un autre élément négatif, le carbone, ou groupe d'éléments : carbone et hydrogène.

A première vue au moins, il semble qu'on peut conclure à l'existence dans la plupart des gaz et vapeurs d'un phénomène de transport correspondant plus ou moins à l'électrolyse des liquides.

Mais plusieurs objections se présentent :

1° Les effets observés ne sont-ils pas dus à une différence de température des deux électrodes?

Ceci est peu probable, car les effets les plus marqués ont été observés après avoir fait passer les effluves pen-

dant des temps assez courts, insuffisants pour que les électrodes puissent s'échauffer d'une façon notable. D'ailleurs, dans les conditions où nous nous trouvions, nous n'avons jamais constaté d'échauffement appréciable.

2° L'examen de la façon dont se comportent certains gaz qui se prêtent particulièrement bien à l'observation, l'acide iodhydrique par exemple, fait encore naître des doutes : en effet, aussitôt qu'on fait passer les effluves, un dépôt d'iode s'est formé sur le verre au pôle positif; en prolongeant les effluves, il s'est étendu vers le pôle négatif. Or, il est peu probable que ce soit là l'effet d'une diffusion, l'iode étant solide. Tout se passe donc comme si au début il y avait une décomposition plus grande de l'acide iodhydrique au pôle positif qu'au pôle négatif. Le phénomène peut s'expliquer ainsi, et cette interprétation semble plus conforme à la réalité que celle d'un transport continu d'iode d'une extrémité à l'autre, car si l'iode déposé au pôle positif était dû à un transport, il ne semble pas bien explicable que le dépôt s'étende à la longue vers le pôle négatif.

Nous avons remarqué un phénomène analogue avec le sulfure de carbone; dans le cas de cette substance, le dépôt sur le verre apparaît d'abord au voisinage du pôle positif.

Pour le tétrachlorure de carbone et le chloroforme, nous avons pourtant observé un phénomène inverse : le dépôt se formait surtout au pôle négatif.

Les expériences précédentes ne sont pas absolument concluantes; on peut cependant se demander si les résultats obtenus pour les deux premières substances ne

peuvent pas s'expliquer par le fait que, d'après Hittorf, à l'électrode négative, il y a une *grande résistance* à la décharge électrique à travers les gaz, ce qui ferait qu'au début du passage de l'effluve, il y aurait une résistance plus petite du côté positif, et, par suite, une décomposition plus considérable dans cette région.

3° Nous avons remarqué que dans une atmosphère de brome, tout se comporte comme si l'électrode positive était plus fortement attaquée. Dans le cas actuel, il n'est pourtant pas question de phénomène d'électrolyse.

On peut se demander si dans le cas des autres gaz, les effets observés ne seraient pas dus également à une attaque plus forte de l'élément négatif à l'électrode positive, sans qu'il soit besoin d'avoir recours à un transport considérable de particules d'un bout de l'appareil à l'autre.

Un grand nombre de travaux plus ou moins récents prouvent d'une façon certaine que le passage de l'électricité au travers des gaz est accompagné du transport de particules matérielles positives et négatives. Ces particules, encore mal connues, sont plus ou moins différentes des atomes et des molécules chimiques. Ce sont elles qui jouent sans doute un rôle dans le passage de l'électricité au travers des vapeurs du brome.

De l'ensemble des recherches précédentes, nous ne pouvons pas tirer de conclusions absolues : si un bon nombre de phénomènes semblent confirmer les vues de J.-J. Thomson, et prouver l'électrolyse des gaz, d'autres phénomènes semblent ne pouvoir s'expliquer que par une manière d'être plus ou moins différente de la décharge à l'électrode positive et à l'électrode négative.

Ce travail a été exécuté au laboratoire de physique de l'Université de Louvain. Si, malgré les difficultés que nous avons rencontrées, nous avons pu le mener à bonne fin, nous le devons à l'aide et aux conseils que nous a prodigués notre dévoué professeur M. A. de Hemptinne, et nous nous faisons un devoir d'en exprimer à ce savant maître toute notre reconnaissance.

Étude du chlorure d'uranyle; par le Dr W. Oechsner de Coninck, professeur à l'Université de Montpellier (1).

Le chlorure d'uranyle est un corps jaune à reflets verdâtres, déliquescent et très soluble dans l'eau; la solution aqueuse laisse déposer peu à peu une petite quantité d'hydrate jaune serin d'oxyde uranique $\text{UO}_5\text{2H}_2\text{O}$.

La solution aqueuse à 1 % de chlorure d'uranyle a pour densité 1.0056; la solution à 10 % a pour densité 1.0517.

Chauffé à l'air, le chlorure d'uranyle subit d'abord la fusion aqueuse en devenant verdâtre, puis il jaunit, prend une consistance pâteuse, sans précisément fondre, émet des vapeurs jaunâtres, et se transforme en oxyde vert.

Calciné avec de la chaux éteinte, à l'abri de l'air, il

(1) Recherches faites à l'Institut de chimie de l'Université.

donne de l'oxyde uraneux; suivant la température, cet oxyde est gris-noir ou rouge brique. Calciné à l'air, avec de la chaux vive en excès, il fournit de l'uranate jaune UO^4Ca , et une petite quantité de diuranate vert $\text{U}^2\text{O}^7\text{Ca}$. La calcination d' UO^2Cl^2 avec la baryte hydratée ou caustique m'a donné UO^4Ba et $\text{U}^2\text{O}^7\text{Ba}$.

Action de la potasse pure.—Je chauffe à fusion, dans un matras ouvert, un mélange d' UO^2Cl^2 et d'alcali en excès; il se produit une masse de couleur saumon, qui, chauffée plus fortement, devient rouge vermillon; après refroidissement, j'ai repris par l'eau : la couleur a passé au jaune orangé foncé; il s'est fait du diuranate $\text{U}^2\text{O}^7\text{K}^2$ et un peu d'uranate UO^4K^2 . Le diuranate est insoluble dans l'eau, très soluble dans l'acide nitrique étendu; cette dernière solution donne les mêmes réactions que la solution de nitrate d'uranium.

Les résultats obtenus avec la soude pure ont été absolument semblables.

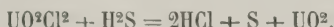
L'acide sulfurique attaque à froid UO^2Cl^2 avec dégagement d' HCl et production de sulfate d'uranyle.

L'acide azotique blanc dissout UO^2Cl^2 à froid en jaune; à chaud, il se dégage du chlore et des vapeurs nitreuses; il se fait du nitrate d'uranium.

L'acide sélénique (d. = 1.4) dissout UO^2Cl^2 à froid; à chaud, il se dégage du chlore, et il y a production d'un sélénite.

L'hydrogène réduit UO^2Cl^2 vers le rouge sombre; il y a formation d'oxyde uraneux noir grisâtre ou noir foncé. Ces deux modifications ne se sont pas oxydées à l'air.

Dans des conditions semblables, l'hydrogène sulfuré fournit la réaction suivante :



Le zinc en poudre, le fer en limaille réduisent à chaud le chlorure d'uranyle ; on obtient l'oxyde uraneux brun ou brun-noir. Le cuivre en limaille n'a pas réagi dans les mêmes conditions.

Réactions de la solution aqueuse d'UO²Cl². — J'ai effectué ces réactions avec des solutions fraîchement préparées de chlorure d'uranyle :

1° *Potasse en lessive* : précipité caséeux orangé ;

2° *Ammoniaque aqueuse* : précipité jaune clair ne se redissolvant pas même dans un très fort excès de réactif ;

3° *Méthylamine aqueuse* : précipité jaune foncé qui ne se redissout pas dans un excès ;

4° *Bicarbonate de sodium* : dégagement de CO² ; pas de précipité immédiat ; au bout de vingt-quatre heures, rien ;

5° *Carbonate de sodium* : précipité gélatineux jaune clair, qui ne se redissout pas dans un excès ;

6° *Carbonate de potassium* : précipité gélatineux jaune clair, ne se redissolvant pas dans un excès ;

7° *Phosphate de sodium* : précipité gélatineux jaune serin ; ne se redissout pas dans un excès ;

8° *Sulphhydrate d'ammonium* : précipité caséeux brun clair, devenant rouge-brun après quelques heures ;

9° *Hydrogène sulfuré* : pas de précipité immédiat ; au bout de vingt-quatre heures, trouble et très léger précipité brunâtre ;

10° *Azotate de cobalt* : pas de précipité, pas de coloration;

11° *Sulfate de cuivre* : pas de précipité; coloration verdâtre due au mélange du vert et du bleu;

12° *Cyanure de potassium* : précipité jaune clair gélatineux ne se redissolvant pas dans un excès du réactif;

13° *Ferrocyanure de potassium* : précipité caséeux rouge-brun foncé, ne se dissolvant pas dans un excès;

14° *Ferricyanure de potassium* : précipité rouge-brun, qui ne se redissout pas dans un excès.



OUVRAGES PRÉSENTÉS.

Mansion (Paul). Sur la méthode d'Abel pour l'inversion de la première intégrale elliptique dans le cas où le module a une valeur imaginaire complexe. Stockholm, 1903; extr. in-4° (14 p.).

Mourlon (M.). Referendum bibliographique, précédé de l'exposé des principaux résultats scientifiques et économiques du Service géologique de Belgique. Liège, 1903; extr. in-8° (14 p.).

— Quelques mots au sujet de la présentation de nouveaux tomes de la « Bibliographia geologica » et du projet de M. Kiliaan sur la création d'une agence de bibliographie géologique. Bruxelles, 1902; extr. in-8° (4 p.).

— Réflexions au sujet de l'appréciation par M. G. Dollfus de l'œuvre d'André Dumont. Bruxelles, 1903; extr. in-8° (57 p.).

Van den Broeck (Ern.). Pluie de poussière brune en Portugal (janvier 1902). Extrait d'une correspondance de M. Paul Choffat, avec une annexe par M. E. Van den Broeck. Bruxelles, 1902; extr. in-8° (9 p.).

— La légende actuelle du Quaternaire dans l'œuvre de la Carte géologique. Bruxelles, 1902; extr. in-8° (2 p.).

— Note bibliographique sur un ouvrage de F. Fouqué : Les analyses en bloc des roches éruptives et leur interprétation. Bruxelles, 1903; extr. in-8° (8 p.).

— « Paleontologia universalis. » Quelques considérations au sujet des conditions d'abonnement. Bruxelles, 1903; extr. in-8° (4 p.).

Van den Broeck (Ern.). Les observations sismiques en France. Bruxelles, 1903; extr. in-8° (4 p.).

— Note bibliographique. L'Abrégé de géologie, 5^e édition, par A. de Lapparent. Bruxelles, 1903; extr. in-8° (4 p.).

— Contribution à l'étude de phénomènes d'altération dont l'interprétation erronée pourrait faire croire à l'existence de stries glaciaires. Bruxelles, 1903; extr. in-8° (12 p. et 1 pl.).

— A propos de l'origine des « Nummulites lævigata » du gravier de base du Laekenien. Bruxelles, 1903; extr. in-8° (8 p.).

— Quelques remarques à propos des vues de M. le Dr A. Stübel sur la genèse et la structure de l'écorce solide du globe. Bruxelles, 1903; extr. in-8° (9 p.).

— La Bibliographie géologique universelle. Communications faites à la Société belge de géologie en vue de la discussion au Congrès géologique international de Vienne en 1903. I. Le « Concilium bibliographicum » de Zurich et la « Bibliographia geologica » de Bruxelles. II. Réplique à la note de M. G. Simoens. Bruxelles, 1903; extr. in-8° (44 p.).

Van den Broeck (Ern.) et Rahir (E.). La Lesse souterraine et la traversée des deux boucles de la rivière à Furfooz, démontrée au moyen de la fluorescéine. Bruxelles, 1903; in-8°.

Monier (Marcel) et Cornélis (Joseph). La fermentation alcoolique en l'absence de levure. Anvers, 1903; in-8° (12 p.).

Barbette (E.). Résolution des équations trigonométriques à l'usage des candidats aux écoles spéciales. Liège, 1903; in-8° (27 p.).

BRUXELLES. *Société belge de géologie*. Bulletin, 1902.

— *Instituts Solvay*. Travaux du laboratoire de physiologie, publiés par Paul Heger (1902), t. V, 3^e fascicule.

— *Station géophysique d'Uccle (station Ernest Solvay)*. Bulletin mensuel, novembre 1901-juin 1902. 1902; in-4°.

TONGRES. *Société scientifique et littéraire*. Bulletin, t. XX, 1902.

PRESBOURG. *Verein für Natur- und Heilkunde*. Verhandlungen, Band XX, XXI, XXIII, 1899-1902.

FRANCFORT. *Physikalischer Verein*. Jahresbericht, 1901-1902.

PRAGUE. *K. Sternwarte*. Magnetische und meteorologische Beobachtungen, 1902, in-4°.

KÖNIGSBERG. *Physikalisch-ökonomische Gesellschaft*. Schriften, 34. Jahrgang. 1902; in-4°.

AIX - LA - CHAPELLE. *Naturwissenschaftliche Gesellschaft*. Jahrbuch für 1901; in-4°.

FRANCE.

Renault (B.). Sur quelques Algues fossiles des terrains anciens. Paris, 1903; extr. in-4° (4 p.).

— Sur quelques nouveaux infusoires fossiles. Paris, 1902; extr. in-8° (3 p. et 1 pl.).

— Sur quelques nouveaux champignons et algues fossiles de l'époque houillère. Paris, 1903; extr. in-4° (3 p. et 1 pl.).

Boulanger (Émile). Germination de l'ascospore de la truffe. Paris, 1903; in-4° (20 p. et 2 pl.).

LONDRES. *Entomological Society*. Transactions, 1902.

— Report of the 72^d meeting of the British Association for the advancement of science (Belfast, 1902). Londres, 1903.

ADELAÏDE. *Observatory*. Meteorological observations. 1899-1902; in-4°.

PAYS DIVERS.

Carrara (*Bellino*). Il P. Angelo Secchi. Discorso. Padoue, 1903; in-8° (34 p.).

Tuccimei (*G.*). Relazione delle onoranze rese dal Comitato romano alla memoria del P. Angelo Secchi, nel XXV anniversario della sua morte, 1878-1903. Pavie, 1903; in-8° (44 p.).

SAINT-GALL. *Naturwissenschaftliche Gesellschaft*. Bericht, 1900-1901.

COPENHAGUE. *Conseil international pour l'exploration de la mer*. Bulletin des résultats acquis pendant les courses périodiques, n^{os} 1 et 2, 1902.

SAN-FERNANDO. *Instituto y Observatorio de marina*. Anales. 1900. In-4°.

TURIN. *R. Accademia d'agricoltura*. Annali, volumes 44 à 45, 1901-1902.

HEPITES (*Stefan-C.*). Mijlóce de investigatiune ale meteo-
rologici, discours rostit la 30 martie (12 aprilie), 1903, cu
respuns de Dr J. Felix. Bucarest, 1903; in-4° (59 p., por-
trait).



BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1903. — N° 8.

CLASSE DES SCIENCES.

Séance du 4^{er} août 1903.

M. P. MANSION, directeur, président de l'Académie.

M. le chevalier EDMOND MARCHAL, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. Éd. Dupont, Éd. Van Beneden, C. Malaise, F. Folie, F. Plateau, Jos. De Tilly, Ch. Van Bambeke, Alfr. Gilkinet, G. Van der Mensbrugghe, W. Spring, Louis Henry, M. Mourlon, C. Le Paige, J. Deruyts, L. Fredericq, J.-B.-V. Masius, J. Neuberg, A. Lancaster, L. Errera, Julien Fraipont, *membres*; Arm. Jorissen, M. Delacre, Pol. Francotte, P. Pelseneer et J. Massau, *correspondants*.

MM. G. Dewalque et Ém. Laurent excusent par écrit leur absence.

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel communique les lettres de remerciements qu'il a reçues de MM. Terby et Renard, au sujet des vœux qu'il avait été chargé de leur exprimer, au nom de la Classe, pour le rétablissement de leur santé.

— M. le Directeur, devant l'assemblée debout, annonce la perte que la Classe vient de faire en la personne de deux de ses membres titulaires :

1^o Alphonse-François Renard, de la Section des sciences naturelles, professeur de géologie et de minéralogie à l'Université de Gand, né à Renaix le 28 septembre 1842, décédé à Ixelles le 9 juillet dernier ;

2^o Alexis-Henri Brialmont, de la Section des sciences mathématiques et physiques, lieutenant général en retraite de l'armée belge, né à Venloo le 25 mai 1821, décédé à Saint-Josse-ten-Noode le 21 du même mois de juillet.

MM. Renard et Brialmont avaient exprimé le désir qu'il ne fût pas prononcé de discours à leurs funérailles.

M. le Directeur rappelle les travaux scientifiques d'Alphonse Renard, notamment son mémoire en collaboration avec Charles de la Vallée Poussin sur les *Caractères minéralogiques et stratigraphiques des roches dites plutoniennes de la Belgique et de l'Ardenne française*, mémoire qui ouvrit un horizon nouveau à la géologie,

que l'Académie couronna en 1876, et qui valut à M. Renard son entrée à la Classe des sciences comme correspondant en 1882; il en devint membre en 1898. Alphonse Renard, qui avait donné le cours de géologie et de minéralogie au Collège de la Compagnie de Jésus, à Louvain, et qui, avant d'aller à Gand, était conservateur au Musée royal d'histoire naturelle, était docteur *honoris causa* des Universités d'Édimbourg, de Dublin et de Bologne. Sa collaboration à la publication des résultats du voyage du *Challenger* est suffisamment connue.

Quant au général Brialmont, élu correspondant en 1865 et membre en 1869, M. Mansion cite, notamment, son *Histoire de Wellington* et les deux discours qu'il prononça en séance publique en 1875 et en 1896 (sur *les Armées permanentes* et sur *la Population du globe*), lorsqu'il était président de l'Académie en même temps que directeur de la Classe. Sa célébrité, il l'a acquise par son système de fortifications polygonales qu'il employa — au lieu du vieux système bastionné de Vauban — pour les fortifications d'Anvers, lesquelles sont devenues un type pour d'autres pays, notamment la Roumanie et la Turquie, qui chargèrent M. Brialmont de fortifier leurs places fortes.

Sur la proposition de M. Mansion, M. le Secrétaire perpétuel adressera les condoléances de la Classe aux familles Renard et Brialmont.

— M. le Directeur se fait un plaisir, dit-il ensuite, d'annoncer à la Classe la nomination de M. Émile Laurent en qualité de chevalier de l'Ordre de Léopold.

Il propose qu'une lettre de félicitations soit adressée à M. Laurent. (Approuvé.)

— M. le Secrétaire perpétuel communique des lettres de M^{mes} Luigi Cremona et Charles Gegenbaur remerciant pour les condoléances qui leur ont été exprimées au sujet de la mort de leur mari respectif, lesquels ont été associés de la Classe.

— Hommages d'ouvrages :

1^o *Trente-cinq années de travaux mathématiques et astronomiques*; par F. Folie;

2^o *Avant-projet d'une Exposition internationale de navigation, marine et colonies*; par C.-J. Tackels;

3^o *La carte lunaire de Van Langren, conservée aux Archives générales du royaume*; par H. Bosmans.

— Travaux manuscrits à l'examen :

1^o *Contribution à l'étude de la dissociation des corps dissous* (troisième communication); par Ad. Vandenberghe, répétiteur à l'Université de Gand. — Commissaires : MM. Spring et Henry;

2^o A. *Action de l'acide sulfurique sur le sulfure de phényle*; B. *Sur quelques dérivés sulfurés du sulfure de phényle*; par Ed. Bourgeois et Karl Petermann. — Commissaires : MM. Spring et Henry;

3^o *Sur la nature de l'électricité*; par Aug. Meuris. — Commissaires : MM. De Heen et Van der Mensbrugghe.

RÉSULTATS DU CONCOURS ANNUEL
DE LA CLASSE POUR 1903.

La Classe prend notification des mémoires suivants, soumis en réponse à deux des questions du programme :

SCIENCES MATHÉMATIQUES ET PHYSIQUES.

QUATRIÈME QUESTION.

Trouver, en hauteur et en azimut, les expressions des termes principaux des déviations périodiques de la verticale, dans l'hypothèse de la non-coïncidence des centres de gravité de l'écorce et du noyau terrestres. — Un mémoire portant trois marques distinctives comme devise.

Commissaires : MM. Folie, Le Paige et Lagrange.

SCIENCES NATURELLES.

DEUXIÈME QUESTION.

On demande de nouvelles recherches sur l'organisation et le développement d'un Phoronis, en vue d'élucider les rapports existant entre les animaux de ce genre, les genres Rhabdopleura et Cephalodiscus, et le groupe des Entéro-pneustes. — Devise du mémoire : Perseverando ac sperando.

Commissaires : MM. Van Beneden, Van Bambeke et Plateau.

RAPPORTS.

Il est donné lecture des rapports suivants :

1° De MM. Errera et Gravis sur un travail de M. Ch. Van Bambeke, intitulé : *Sur l'involution nucléaire et la sporulation chez HYDNANGIUM CARNEUM Wallr.* — Impression (texte et planches) dans le recueil des *Mémoires in-4°* des membres ;

2° De MM. Neuberg et Deruyts sur une note de M. Edm. De Puydt, intitulée : *Quelques théorèmes basés sur les propriétés des transversales.* — Dépôt aux archives (rapport et note).

Sur deux mémoires de M. Beaupain :

Sur la fonction $\log \Gamma (a)$ *et* *Sur la fonction* $\log G_\lambda (a)$.

*Rapport de M. C.-J. de la Vallée Poussin,
premier commissaire.*

« Dans le premier mémoire, M. Beaupain cherche le développement de $\log \Gamma (a + \xi)$ suivant les puissances négatives de a avec l'expression du reste. Cette formule correspond à celle de Stirling, mais les nombres de Bernoulli du développement de $\log \Gamma(a)$ sont remplacés par des polynômes de Bernoulli dans celui de $\log \Gamma (a + \xi)$.

La formule fondamentale d'où découle tout naturellement le développement cherché est la suivante :

$$\begin{aligned} \log \Gamma (a + \xi) &= (a + \xi - \tfrac{1}{2}) \log a \\ &- \frac{1}{2\pi} \int_0^\infty \frac{adx}{a^2 + x^2} \log (1 - 2e^{-2\pi x} \cos 2\pi\xi + e^{-4\pi x}) \\ &- \frac{1}{\pi} \int_0^\infty \frac{xdx}{a^2 + x^2} \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{\sin 2\pi\xi}{e^{2\pi\xi} - \cos 2\pi\xi}. \end{aligned}$$

Cette formule très remarquable se réduit pour $\xi = 0$ et $\xi = \frac{1}{2}$ à celles bien connues de Schaar.

M. Hermite a publié, en 1895, dans le *Journal de Crelle*, un travail *Sur la fonction* $\log \Gamma(a)$ qui contient sous une forme équivalente les formules de M. Beupain. La seule prétention de M. Beupain, qui cite cet article, c'est donc de donner une démonstration plus simple et plus facile à généraliser. Son point de départ se trouve dans le développement de $e^{-\frac{1}{2}x}$ en série trigonométrique.

M. Beupain signale, en terminant son premier mémoire, certaines généralisations de formules de Bourguet, Gudermann et Kummer, qui découlent naturellement des résultats précédents.

Toutefois, le principal intérêt du premier mémoire est de servir d'introduction au second, dont les résultats sont nouveaux et dont nous allons maintenant parler.

L'objet du second mémoire est d'étendre aux fonctions $\log G_\lambda(a)$ les résultats du premier mémoire. Les fonctions $G_\lambda(a)$ ont été définies par M. Beupain dans l'important travail qu'il leur a consacré, l'année dernière, dans les *Mémoires* in-4° (t. LIX). Elles satisfont à la relation

$$D^{\lambda+2} \log G_\lambda(a) = \lambda! D^2 \log \Gamma(a).$$

Cette formule fait manifestement correspondre au développement de $\log \Gamma(a + \xi)$ un développement analogue de $\log G_\lambda(a + \xi)$. Mais il y a $\lambda + 2$ intégrations successives à effectuer par rapport à a , ce qui introduit un polynôme de degré $\lambda + 1$ à déterminer. Les coefficients de ce polynôme se trouvent encore une fois dépendre des polynômes de Bernouilli. L'auteur les détermine par des

procédés ingénieux qu'il serait trop long d'analyser. Il arrive ainsi à une formule très intéressante qui donne, avec l'expression du reste, le développement de $\log G_\lambda(a + \xi)$ suivant les puissances négatives de a .

Ce second mémoire apporte donc une nouvelle contribution importante à l'étude des fonctions G_λ et des polynômes de Bernouilli. Nous proposons son impression à la suite du premier dans les *Mémoires* in-4° et nous proposons aussi à la Classe des sciences d'adresser des remerciements à l'auteur. »

MM. J. Deruyts et Mansion déclarant se rallier aux conclusions du rapport du premier commissaire, celles-ci sont adoptées par la Classe.

Action de l'acide chlorhydrique introduit dans l'intestin sur la sécrétion biliaire; par le Dr A. Falloise.

Rapport de M. Léon Fredericq, premier commissaire.

« Bayliss et Starling admettent que la sécrétion pancréatique qui se produit après l'application d'acide chlorhydrique sur la muqueuse duodénale, n'est pas due à une action nerveuse réflexe. Pour eux, l'acide chlorhydrique agit en transformant la *prosécrétine* des cellules superficielles du duodénum en *sécrétine*, substance que le sang transporte ensuite au pancréas, où elle exerce localement son action excitante sur la sécrétion pancréatique.

Falloise trouve que l'acide chlorhydrique appliqué sur la muqueuse du duodénum, ou sur celle de la première portion de l'iléon, provoque une augmentation de la

sécrétion biliaire par un mécanisme identique : transformation de la prosécrétine en sécrétine, transport de celle-ci au foie par le sang de la veine porte, action excitante locale de la sécrétine sur la production de la bile.

Il y a parallélisme complet entre les phases de la sécrétion biliaire et celles de la sécrétion pancréatique provoquées par l'action de la sécrétine : période latente de trois à cinq minutes, maximum de la sécrétion au bout de sept à douze minutes, puis diminution progressive de la sécrétion jusqu'à la vingt-cinquième minute. L'action cholagogue n'est empêchée ni par les anesthésiques, ni par l'atropine à haute dose.

La notice de M. Falloise constitue une contribution intéressante à l'étude du mécanisme physiologique de la sécrétion biliaire. J'ai l'honneur de proposer à la Classe de l'insérer dans le *Bulletin* de la séance et de voter des remerciements à l'auteur. »

M. Masius, second commissaire, se rallie à ces conclusions, qui sont adoptées par la Classe.

A. EOCHELONE BRABANTICA, *Tortue marine nouvelle du Bruxellien (Éocène moyen) de la Belgique*. — B. *Sur l'évolution des Chéloniens marins (considérations biologiques et phylogéniques)*; par Louis Dollo.

Rapport de M. J. Fraipont, premier commissaire.

« M. Dollo s'est consacré depuis longtemps à l'étude des Tortues. Il a publié sur ce sujet plusieurs mémoires (Chéloniens du Bruxellien, du Landenien, de l'Oligocène

et du Néogène de Belgique) et récemment une très importante note sur l'origine de la Tortue luth (*Dermochelys coriacea*). Dans ce dernier travail, l'auteur était arrivé à cette conclusion que *Dermochelys* provient d'un Thécopore pélagique à carapace et plastron réduits, par l'intermédiaire d'un Athèque littoral à carapace et plastron en mosaïques, Thécopore pélagique descendant lui-même de Thécopores littoraux, qui proviendraient de Thécopores terrestres. A cette occasion, il exprimait ses vues sur l'évolution des Chéloniens marins.

Le mémoire actuel a pour objet un Chélonien thécopore nouveau (*Eochelone brabantica*) du Bruxellien, adapté à la vie océanique. Ce fossile, par la position et la structure de ses choanes, vient consolider les vues de M. Dollo sur la phylogénie probable des Chéloniens marins. Tandis que l'on considérait les Chéloniens athèques à carapace incomplète comme les formes les plus voisines du type ancestral primitif et inconnu, l'auteur fait dériver ces Chéloniens athèques de Chéloniens thécopores marins.

Après une courte introduction, où M. Dollo récapitule les trouvailles de Tortues faites en Belgique, il consacre quelques pages à la description, aux gisements et à la position systématique d'*Eochelone brabantica*.

Le second mémoire est consacré à l'étude de l'évolution des Chéloniens marins, basée sur les recherches de M. Dollo dont il a été fait mention plus haut. L'auteur s'étend longuement dans des considérations d'ordre morphologique, bionomique et chorologique, très savantes et parfois très hardies, sur les caractères des mâchoires, des choanes, des humérus, des fémurs, des carapaces et des

écussons costaux, dans leurs rapports avec l'alimentation et le mode de vie des Tortues. Cette étude amène M. Dollo à ranger les Chéloniens marins dans deux familles : les *Chelonidae thécophores* et les *Dermochelidae athèques*. Elle confirme les vues générales qu'il avait déjà émises dans sa note de la Tortue luth, sur l'évolution probable des Chéloniens marins.

Enfin, le travail se termine par de nombreuses notes bibliographiques et autres.

Je propose à la Classe de publier dans ses *Bulletins* ces deux importantes contributions à l'étude des Tortues marines et d'adresser des remerciements à l'auteur. »

—

Rapport de M. Dupont, deuxième commissaire.

« Comme à l'honorable premier rapporteur, le nouveau travail de M. Dollo sur les Tortues fossiles me paraît fort intéressant et témoigne d'une connaissance approfondie du sujet.

Je suis donc amené aux mêmes conclusions que mon savant confrère et je prie l'Académie de les accepter. »

M. Van Beneden, troisième commissaire, se rallie aux conclusions des rapports de ses honorables confrères, premier et second rapporteurs.

Ces conclusions sont adoptées par la Classe

—

- A) *Étude sur la pression critique de luminescence des gaz*; par Alex. de Hemptinne. — B) *Recherches sur la conductibilité électrique des flammes*; par F. Vanden Bossche.

Rapport de M. De Heen, premier commissaire.

« Le travail de M. de Hemptinne constitue une continuation intéressante de ses précédentes recherches.

M. Vanden Bossche a étudié avec non moins de succès au laboratoire de M. de Hemptinne la conductibilité électrique des flammes.

Nous avons l'honneur de proposer à l'Académie l'insertion de ces deux notes dans les *Bulletins* de la séance. »

M. Spring, second commissaire, déclare partager l'avis de M. De Heen.

Cet avis est adopté par la Classe.

Observations sur quelques acides organiques dibasiques et sur l'acide phénylglycolique; par Oechsner de Coninck et Raynaud.

Rapport de M. W. Spring.

« Les auteurs ont continué les recherches sur la pyrogénéation et la stabilité de certains acides organiques, dont les résultats ont été insérés dans le *Bulletin* de la séance de juin de cette année. Ils ont étudié surtout,

cette fois, l'action de l'acide sulfurique à chaud sur ces acides et ils sont arrivés à des résultats confirmant les précédents.

J'ai l'honneur de proposer l'insertion de cette note dans le *Bulletin* de la séance. » — Adopté.

COMMUNICATIONS ET LECTURES.

ASSOCIATION INTERNATIONALE DES ACADEMIES.

Réunion du Comité.

*Communication faite à la Classe des sciences,
le 4 juillet 1903, par M. De Tilly, membre de l'Académie.*

M. De Tilly rend compte de la mission qu'il a remplie à Londres, du 3 au 6 juin, comme délégué de l'Académie au Comité de l'Association internationale. Le 3, les membres du Comité ont été reçus par le Président de la Société Royale de Londres; le 4, il y a eu séance du Comité et banquet offert par la Société Royale; le 5, séance pour l'adoption du procès-verbal; le 6, visite de l'Observatoire de Greenwich par les membres du Comité.

M. De Tilly rappelle, en même temps, l'origine et le but de l'Association internationale des Académies, qui a été fondée pour l'étude de questions d'un intérêt général, ne pouvant être résolues ni par des savants isolés, ni même par des Académies isolées, et exigeant une entente internationale.

Ces questions doivent être proposées par une des dix-neuf Académies qui font actuellement partie de l'Association et communiquées à toutes ces Académies, au moins trois mois avant l'époque des réunions générales. Pour la solution des questions admises par l'Association, celle-ci peut, soit nommer une Commission spéciale, soit agréer une pareille Commission déjà existante, ou un Institut international déjà existant.

Voici les principales questions introduites jusqu'aujourd'hui, mais dont quelques-unes sont encore à discuter par l'Assemblée générale de 1904 :

Mesures internationales à prendre pour faciliter les échanges de livres et de manuscrits.

Mesure d'un grand arc de méridien en Afrique.

Nomination d'une Commission pour l'étude de l'anatomie du cerveau (développer les méthodes de recherche, rassembler d'après des principes uniformes le matériel d'observation et mettre ce dernier à la disposition des savants qui pourraient en avoir besoin). Cette Commission a fonctionné à Londres en même temps que notre Comité.

Agréation de l'Institut Marey (Commission internationale des instruments enregistreurs et d'unification des méthodes en physiologie).

Agréation du laboratoire de physiologie, de biologie, de météorologie et de physique créé sur le Mont Rose, dans les Alpes, à 4 560 mètres d'altitude.

Étude du magnétisme sur un parallèle entier, pour contrôler la théorie du magnétisme de Gauss.

Agréation de l'Association formée par des Académies allemandes pour l'étude de l'électricité de l'air.

Projet de coopération internationale pour l'étude du

problème de la théorie lunaire et la construction de nouvelles tables du mouvement de la Lune.

Nomination d'une Commission pour la publication des œuvres complètes de Leibniz. Cette Commission, qui fonctionne déjà, aura à étudier ou à faire étudier des milliers de manuscrits.

Publication d'un *Corpus* des actes et diplômes grecs du moyen âge et des temps postérieurs.

Publication d'un *Corpus medicorum antiquorum*, ou texte original des œuvres des principaux médecins grecs et latins.

Projet d'un *Corpus* des mosaïques païennes et chrétiennes jusqu'au IX^e siècle.

Projet d'encyclopédie de l'Islam.

Projet de publication des inscriptions en langues peu connues.

Projet d'une nouvelle édition du *Mahâbârata* indien.

Organisation des publications relatives à la numismatique ancienne.

Examen de la condition civile des étrangers dans les divers pays.

M. De Tilly termine sa communication par les réflexions suivantes sur l'emploi des langues : « En 1900 et en 1901, à Paris, la langue principale, dans les réunions de l'Association, était naturellement le français. A Londres, en 1905, l'anglais et l'allemand ont prédominé de beaucoup. Quoique ces idiomes ne me soient pas complètement étrangers, j'ai éprouvé une grande difficulté à suivre les débats et j'ai pu constater que je n'étais pas seul dans ce cas. La difficulté augmentera le jour où le français, l'anglais et l'allemand ne pourront plus être considérés, de commun accord, comme les seules

langues à employer. Il est donc à désirer que les savants s'occupent de l'adoption d'une langue auxiliaire internationale, construite scientifiquement, logiquement et simplement, sans irrégularités, exceptions, cas douteux (synonymes, homonymes, etc.), ou difficultés d'aucune espèce, notamment dans la conjugaison des verbes, et d'une prononciation uniforme et facile pour toutes les nations. Il existe déjà des langues artificielles répondant à ces conditions d'une manière plus ou moins parfaite, mais je ne veux en ce moment en préconiser aucune à l'exclusion des autres.

Il est évidemment trop tard pour donner suite au projet avant la réunion de 1904; mais si on le voulait sérieusement, il serait facile d'introduire l'usage de l'idiome international à l'assemblée générale de 1907, et même à la réunion préparatoire du Comité en 1906. »

La deuxième Conférence sismologique internationale;
par A. Lancaster, membre de l'Académie.

La deuxième Conférence internationale de sismologie, à laquelle vous avez bien voulu envoyer deux délégués, M. Folie et moi, s'est réunie à Strasbourg du 24 au 28 juillet. Près de cent membres y assistaient, représentant vingt-six États. Outre les deux délégués de l'Académie, la Belgique était encore représentée par MM. E. Lagrange, professeur à l'École militaire, directeur de la Station sismique Ern. Solvay établie à Uccle; G. Lecointe, directeur du Service astronomique; et

E. Goedseels, professeur à l'Université de Louvain. Sur les vingt et un présidents de l'Assemblée générale et des Commissions spéciales, deux, MM. Lagrange et Lancaster, ont été choisis parmi les Belges.

Ainsi que l'a fait connaître M. le Secrétaire perpétuel lors de la dernière séance, la réunion de Strasbourg avait pour but essentiel la création d'une Association internationale de sismologie, analogue à l'Association géodésique internationale et à la Commission internationale des poids et mesures. Après discussion approfondie des statuts de la nouvelle association, le principe de l'établissement de celle-ci a été voté à l'unanimité des membres présents. Les statuts seront officiellement communiqués, par le Gouvernement de l'Empire allemand, à tous les États, à fin d'adhésion.

Bien que la plupart des séances aient été consacrées aux multiples questions concernant la fondation et l'organisation de l'Association sismologique internationale, plusieurs communications d'ordre purement scientifique ont été faites. Nous signalerons rapidement les suivantes : de M. Darwin sur les « mistpoeffers », phénomène que notre savant associé considère comme réel et sur lequel il a appelé toute l'attention des observateurs; de M. Günther sur la corrélation entre les phénomènes magnétiques et sismiques; de M. Cancani sur la relation entre la variation des latitudes et la fréquence des tremblements de terre; de M. Lagrange, au nom du « Comité géophysique » belge, sur la publication d'une carte de la distribution des volcans à la surface du globe; de M. Montessus de Ballore sur la publication d'une carte générale de l'activité sismique; etc.

Enfin, divers membres ont présenté des descriptions d'instruments nouveaux.

L'une des résolutions les plus importantes de la Conférence a été la création d'un Bureau pour « la centralisation, l'étude, le groupement et la publication des rapports envoyés par les différents pays ». Ce Bureau sera installé à Strasbourg. Il aura aussi pour mission spéciale de faire l'étude et la comparaison des différents appareils sismologiques.

L'Association future a également dans son programme la fondation et l'entretien d'observatoires sismiques dans tous les pays qui lui demanderont des subventions. Mais il est naturellement recommandé à tous les États d'établir eux-mêmes, si possible, des stations sismiques, qui se tiendront constamment en rapport avec le Bureau central.

Je terminerai ce court exposé en disant que c'est à M. Gerland, professeur de géophysique à l'Université de Strasbourg, qu'est dû en grande partie le succès de la deuxième Conférence. C'est grâce à des efforts soutenus pendant plus de dix ans, à une activité infatigable et à une grande initiative, que l'Association a pu être fondée, et sur des bases solides, puisque la grande majorité des savants qui s'occupent de sismologie étaient présents à Strasbourg.

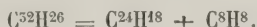
Il y a lieu, enfin, de remercier le Gouvernement de l'Alsace-Lorraine et la ville de Strasbourg de l'accueil si cordial qu'ils ont fait à tous les membres de la Conférence.

RECHERCHES SUR LA SYNTHÈSE GRADUELLE DE LA CHAÎNE
BENZÉNIQUE. Onzième communication (*), par Maurice
Delacre et Louis Gesché.

Au début de ses recherches sur la synthèse de la chaîne benzénique, l'un de nous avait isolé l'alcool dypnopinacologique $C^{52}H^{28}O$ et décrit, comme étant son produit de déshydratation, un hydrocarbure auquel il avait attribué la formule $C^{52}H^{26}$, la dypnopinalcolène.

Rappelons que l'alcool dypnopinacologique (**) se déshydrate facilement par le chlorure d'acétyle; il se forme en même temps de l'aldéhyde benzoïque. Mais ce dernier n'avait pas suffisamment arrêté notre attention.

D'ailleurs la formule $C^{52}H^{26}$ du dypnopinalcolène semblait confirmée d'une manière très satisfaisante par la distillation sèche de ce carbure. En effet, la réaction pyrogénée donnait naissance à de la triphénylbenzine et à un mélange de carbures volatils que nous avons considéré comme engendré par le résidu C^8H^8 que prévoit l'équation suivante :



D'autre part, à un moment où tous les composés que

(*) Dans ce travail, M. Gesché s'est spécialement occupé de l'action du brome; il publiera ultérieurement ses recherches sur l'action de NO^3H , encore inachevées. Quant à moi, je m'y suis réservé l'étude des produits d'hydrogénation. M. D.

(**) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3^e sér., t. XXII, p. 487.

nous avons décrits étaient encore des raretés, nous avons cru constater (*) que le soi-disant $C^{52}H^{26}$ était différent d'un autre carbure isolé par nous, $C^{25}H^{22}$. Tous deux avaient, il est vrai, un point de fusion voisin, mais $C^{25}H^{22}$ était considéré comme distillant sans décomposition, tandis que $C^{52}H^{26}$ paraissait subir aisément l'action décomposante de la chaleur (**).

Nous avons cependant rencontré une objection à la formule du dypnopinalcolène admise par nous : la grandeur moléculaire basée sur des déterminations cryoscopiques était loin de correspondre à la formule $C^{52}H^{26}$. Mais les considérations chimiques nous semblaient plus fortes, et nous estimions nous trouver en présence d'un hydrocarbure à allures spéciales au sujet duquel la cryoscopie pouvait être considérée comme ne donnant pas des résultats bien sûrs.

Ce scepticisme à l'égard des données de la cryoscopie nous avait paru sage ; il était la conséquence des écarts souvent considérables que nous avons observés, au cours de nos recherches, dans la détermination de la grandeur moléculaire de tous les dérivés de la dypnopinacone. Voici, en effet, une série de moyennes relevées dans nos travaux :

Dypnopinacone	370	Dypnopinacoline	α 395	Dypnopinalcolène	370
Homodypnopinacone	405	—	β 395		
		Isodypnopinacoline	α 385		
		—	β 390		
		—	δ 400		
		—	ϵ 375		
	$C^{52}H^{28}O^2 = 444$		$C^{52}H^{26}O = 426$		$C^{52}H^{24} = 408$

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3^e sér., t. XXII, p. 495.

(**) Depuis nous avons observé qu'il est très important d'opérer sur un produit pur pour essayer l'action de la chaleur (*Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* [Classe des sciences], 1902, p. 270).

Il est vrai de dire que le produit auquel nous avons attribué la formule $C^{52}H^{26}$ nous donnait des résultats encore sensiblement inférieurs.

D'autre part, tandis que les dérivés de la dypnopinacone nous semblaient se conduire d'une manière réellement anormale, en nous accusant avec la théorie les écarts que nous venons de rappeler, les composés mieux connus que nous étions amenés à examiner au cours de nos recherches nous donnaient par la même méthode un poids moléculaire différant à peine de quelques unités avec la théorie. Citons le stilbène, la phorone, le fluorène, le triphénylméthane, etc.

Telles sont donc les raisons qui nous avaient fait admettre, au début de nos recherches, pour le « dypnopinalcolène », la formule $C^{52}H^{26}$.

Depuis, l'un de nous avait isolé l'alcool homodypnopinacologique et observé sa scission remarquablement nette suivant l'équation (*)



L'odeur d'aldéhyde benzoïque qui avait été constatée dans l'action du chlorure d'acétyle sur l'alcool dypnopinacologique (**) n'était-elle pas due à la même réaction?

Plus tard, l'un de nous, à la suite de ses études de l'action de la potasse sur la dypnone (***), avait abordé l'examen de la réaction pyrogénée du carbure $C^{25}H^{22}$; il avait isolé un mélange de produits volatils que nous

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3^e sér., t. XXXII, p. 460 (1896).

(**) *Ibid.*, t. XXII, p. 487 (1891).

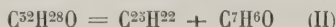
(***) L. GESCHÉ, *Ibid.* (Classe des sciences), 1900, p. 293.

avons identifié aisément avec ceux formés par la distillation du « dypnopinalcolène ».

Puis l'essai des résidus provenant de nos anciennes préparations du dypnopinalcolène au moyen du zinc-éthyle nous montra qu'ils contenaient des quantités considérables d'acide benzoïque.

Enfin, la comparaison scrupuleuse du produit de scission potassique $C^{25}H^{22}$ avec celui obtenu par le zinc-éthyle (dypnopinalcolène), tant au point de vue des solubilités que des différentes réactions qui seront étudiées dans ce mémoire, nous prouva leur parfaite identité.

L'action du chlorure d'acétyle sur l'alcool dypnopinalcolique doit donc être représentée par l'équation (II) et non par l'équation (I), comme nous avons cru pouvoir le faire antérieurement.



Il y aura lieu de rechercher plus tard si l'équation (I) ne peut pas être réalisée d'une autre manière.

PRÉPARATION DE $C^{25}H^{22}$.

1° *A l'aide du zinc-éthyle* (*). — 2 p. de dypnone, 1 p. de zinc-éthyle (avec un excès de quelques grammes), 5 p. d'éther sec. On chauffe légèrement un demi-jour, puis on distille l'éther; on continue ensuite à chauffer au bain-marie avec précaution, tant que la masse se boursoufle; on élève enfin la température jusque 110° au bain d'huile.

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, t. XXII, p. 487; *ibid.* (Classe des sciences), 1900, p. 76.

Le mélange, décomposé par l'eau acidulée et lavé, donne une masse que l'on fait cristalliser dans l'acide acétique glacial. Le rendement est alors de 50 % environ de la dypnone employée.

L'acide mère contient une quantité notable de produit; nous y avons trouvé fréquemment de la triphénylbenzine.

Il y aurait lieu de modifier cette préparation en faisant subir à la masse brute un traitement alcalin en vue d'enlever l'acide benzoïque; cela permettrait peut-être de substituer l'alcool à l'acide acétique comme dissolvant.

2° *Au moyen de la potasse alcoolique* (*). — Dans un ballon contenant 100 gr. de solution homogène de potasse dans l'alcool, solution faite de telle façon qu'elle soit parfaitement solide à froid, on introduit 100 gr. de dypnone; après avoir agité soigneusement, on chauffe à 150° à reflux pendant dix heures.

La masse est ensuite épuisée par l'eau; il est bon de faire les derniers lavages en acidulant avec l'acide acétique. On dessèche le produit résineux, puis on le fait cristalliser dans l'alcool fort.

500 gr. de dypnone nous ont donné 187 gr. de produit cristallisé parfaitement blanc et distillant dans le vide avec une fixité remarquable et sans aucun résidu.

L'alcool mère contient encore une portion notable de carbure que l'on peut retirer par distillation.

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), p. 293, 1900.

PROPRIÉTÉS DE $C^{25}H^{22}$.

Ce produit fond à 98° ; il bout à 292° - 295° (P. 40^{mm}); à 520° (P. 80^{mm}). A l'état pur, il se dissout dans l'alcool à 94° (*) dans la proportion de 5 à 7 % à l'ébullition; à froid, le même dissolvant dissout 3 à 5 ‰ de produit. Par concentration du véhicule, le produit resté en solution se dépose à l'état de cristaux parfaitement nets et blancs. La solubilité de $C^{25}H^{22}$ dans l'alcool augmente beaucoup lorsque sa pureté diminue.

Cet hydrocarbure se dissout dans la moitié de son poids de benzène et cristallise abondamment par refroidissement.

L'acide acétique glacial en dissout 50 % à l'ébullition, 7 % à froid. Les solutions acétiques déposent le plus souvent des lamelles vitreuses; il arrive que celles-ci sont accompagnées d'aiguilles ressemblant à la triphénylbenzine, mais cependant identiques aux lamelles. C'est là peut-être une simple apparence, ne tenant pas réellement à la forme cristalline; peut-être aussi ces aiguilles sont-elles une combinaison acétique du carbure en question.

Cristallisé notamment dans l'alcool, $C^{25}H^{22}$ se présente en petites paillettes nacrées d'une éclatante blancheur; mais quel que soit son degré de pureté, ce produit s'altère quelque peu à la lumière : par une conservation assez longue, le flacon se recouvre intérieurement de goutte-

(*) Sauf mention spéciale, il s'agit toujours d'alcool à 94° dénaturé par 3 % d'éthyl-méthylcétone.

lottes résineuses en même temps qu'il se dégage une odeur d'aldéhyde benzoïque.

Cryoscopie I. Benzène : 17,467. Congélation : 4°,68.

Substance : 0,2200	Congélation : 4°,49	M trouvé : 333
0,2999	4°,412	320
0,3602	4°,35	312
0,4172	4°,26	286

Cryoscopie II. Benzène : 21,2432. Congélation : 4°,773.

Substance : 0,1674	Congélation : 4°,64	M trouvé : 299
0,2293	4°,572	268
0,2866	4°,541	292
0,3374	4°,51	300 Calc. 322

HYDROGÉNATION DE $C^{25}H^{22}$ PAR L'AMALGAME.

On mélange 15 gr. de carbure $C^{25}H^{22}$, 600 gr. d'alcool à 94° (*) et 550 gr. d'amalgame de sodium à 5 %. On chauffe de temps à autre au bain-marie. L'opération dure environ huit jours; elle est prolongée jusqu'à ce que l'amalgame soit devenu parfaitement liquide.

Quatre opérations semblables ont donné, par filtration à chaud des solutions suivie du traitement des résidus par de nouvel alcool, au total 54^{gr},5 de cristaux. Le lavage des filtres, la concentration des solutions et enfin la précipitation des résidus par l'eau ont donné encore 7^{gr},20 de produit brut.

(*) Il est nécessaire d'employer de l'alcool à 94°; un dissolvant plus aqueux peut donner des résultats négatifs.

Quatre autres opérations ont donné 46^{gr},5 de produit pur et 9 gr. de produit moins pur.

La pesée des produits mis en œuvre ayant été faite avec une balance de Roberval, le rendement de ces opérations peut être considéré comme approximativement théorique.

L'hydrogénation de $C^{25}H^{22}$ par l'amalgame donne naissance à deux isomères qui fondent l'un vers 115° , l'autre à 145° ; très souvent ces isomères nous ont paru se former en quantités égales; d'autres fois, l'isomère fondant à 145° s'est rencontré presque exclusivement dans les produits de la réaction. Il nous a semblé également que l'isomère fus. 115° se transformait dans certaines circonstances en le second fus. 145° . D'ailleurs, étant donnée la variabilité de la proportion des deux isomères, il ne nous est pas possible d'indiquer une méthode sûre pour les séparer.

1° *Isomère fus. 145° .* — C'est le mieux caractérisé des deux et nous croyons l'avoir obtenu dans un état de parfaite pureté.

Série A.	I.	II.	III.	Calculé
Substance :	0,4621	0,4437	0,2073	pour
Eau :	0,3090	0,0979	0,4441	$C^{25}H^{24}$.
CO^2	1,5178	0,4708	0,6838	
	0,0423	0,0161	0,0181	
	0,0048	0,0020	0,0013	
C %	92.37	92.79	92.51	92.60
H %	7.43	7.57	7.56	7.40

Le produit analysé en I avait été séparé par cristallisation dans l'acide acétique; II était en aiguilles neigeuses obtenues par cristallisation dans l'alcool; III était formé d'admirables aiguilles vitreuses formées par évaporation incomplète d'une solution étherée.

Cryoscopie.	Benzène : 15 ^{er} , 336.	Congélation : 5°, 27.
Substance : 0,1425	Congélation : 5°, 11	M trouvé : 290
0,3102	4°, 93	300
0,4558	4°, 77	297
0,8065	4°, 38	296 M calc. 324

A l'état pur, l'isomère fus. 145° cristallise de l'alcool en aiguilles soyeuses; les cristaux qui se déposent de la solution de ligroïne affectent souvent la forme de feuilles de fougères; par évaporation de la solution étherée, on obtient de superbes aiguilles incolores et vitreuses, remarquablement nettes.

L'éther ordinaire à froid dissout environ 2.7 % de produit pur; l'alcool bouillant, 1.5 %; l'alcool froid, 0.15 %.

Dans le vide, il distille sans aucune décomposition vers 275°-280° (P. 28^{mm}).

Un produit qui paraissait pur, distillé rapidement dans un ballon distillatoire sous la pression ordinaire, a passé sans décomposition sensible, et donné par cristallisation les deux isomères fus. 115° et fus. 145°. La distillation plus lente sous pression ordinaire fera l'objet d'un chapitre spécial.

2° *Isomère fus. 115°*. — Nous citons ce point de fusion de 115° comme étant celui du produit le plus pur que nous ayons obtenu, sans pouvoir affirmer l'exactitude de cette constante.

Cet isomère diffère d'ailleurs nettement du précédent par l'aspect. Formé par refroidissement de sa solution alcoolique, il se présente généralement en mamelons

formés de gros cristaux vitreux ; dans la ligroïne, on le trouve souvent à côté de son isomère sous forme de cristaux en enveloppes de lettres ou en gros cristaux vitreux ; enfin, dans l'éther, il cristallise plus difficilement que l'isomère fondant à 145° et donne de grands feuillets cristallins nettement différents des aiguilles isomériques.

Bien qu'il y ait des restrictions à faire au sujet de la pureté de l'isomère fus. 115° , nous croyons pouvoir déduire de nos essais que sa solubilité dans les différents dissolvants est notablement plus élevée. L'éther, dans les mêmes conditions que pour l'isomère fus. 145° , en dissout environ 3.7 % ; l'alcool bouillant, 2.5 % ; l'alcool froid, 0.22 %. Ces déterminations ont été faites avec un produit qui ne contenait, en tous cas, qu'une petite proportion d'isomère fus. 145° .

Le mélange des deux isomères se dissout dans environ six parties de ligroïne ; à froid, ce dissolvant n'en retient que 0.5 % environ. Il est soluble dans 2 p. de C^6H^6 à chaud sans cristalliser par refroidissement.

Série B.	I.	II.	III.	Calc. pour
Substance :	0,4147	0,4807	0,4240	$C^{25}H^{24}$
Eau :	0,2768	0,1228	0,2847	
CO ²	{ 1,3732	0,6000	1,4189	
	{ 0,0305	0,0124	0,0185	
	{ 0,0033	0,0011	0,0020	
C %	92.53	92.59	92.58	92.60
H %	7.44	7.55	7.44	7.40

Le produit analysé en I avait été séparé soigneusement par cristallisation dans l'acide acétique ; II, par cristallisation dans la ligroïne, et se présentait sous l'aspect de mamelons formés de gros cristaux exempts d'aiguilles.

Cryoscopie.	Benzène : 16 ^{gr} ,6144.	Congélation : 5°,24.
Substance : 0,2629	Congélation : 4°,98	M trouvé : 304
0,3899	4°,84	295
0,5226	4°,72	302
0,6446	4°,59	300
0,7575	4°,485	303 M calc. 324

Sous pression réduite, l'isomère fus. 115° distille comme le précédent. Par la chaleur sous pression ordinaire, il se comporte également comme lui. Nous avons cru devoir préparer un échantillon d'une certaine importance de chacun des deux et les soumettre concurremment à la décomposition pyrogénée; nous n'avons pu constater aucune différence entre eux. Dès lors, dans les recherches dont il sera question au sujet de l'action de la chaleur, nous avons exécuté nos essais sur le mélange des isomères fus. 115° et fus. 145°.

BROMURATION DE C²⁵H²².

On dissout 10 gr. d'hydrocarbure dans 150 gr. de sulfure de carbone bien sec, on refroidit la solution et l'on y introduit peu à peu 150 gr. de sulfure de carbone contenant en solution 10 gr. de brome desséché sur du sodium. Il se dégage de grandes quantités d'acide bromhydrique dès le début de la réaction.

Après introduction de tout le brome, on lave la solution à l'eau, puis au moyen d'une solution de bicarbonate de soude, enfin avec une solution d'hyposulfite. La solution desséchée au moyen de CaCl² est soumise à la distillation; le résidu cristallisé dans l'acide acétique ou

l'alcool dépose, à côté de gros cristaux vitreux, de petites aiguilles cristallines. Il est aisé d'isoler ces deux produits mécaniquement.

Les petites aiguilles cristallines fondent vers 90° , mais il ne nous a pas été possible de l'obtenir pur, et il retient obstinément de petites quantités de brome.

Quant aux gros cristaux qui se forment en même temps, il paraît difficile de douter de leur pureté, tant est admirablement net leur aspect cristallin.

Ces énormes cristaux vitreux et transparents fondent à 140° .

Série C.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	Calc. pour
Substance	0,2121	0,2022	0,2531	»	»	»	$C^{25}H^{19}Br$
Eau	0,0943	0,0908	0,1144	»	»	»	
CO_2	0,5803	0,5536	0,6946	»	»	»	
C %	74.65	74.67	74.84	»	»	»	75.18
H %	4.98	4.98	5.02	»	»	»	4.76
Br %	»	»	»	19.90	19.98	19.83	20.05

Cryoscopie. Benzène : $22^{\circ}, 788$. Congélation : $5^{\circ}, 28$.

Substance : 0,0872 Abaissement : 0,054 M trouvé : 347

0,1991 0,133 321

0,5043 0,320 338

0,5083 0,361 375 M calc. 399

La bromuration de $C^{25}H^{22}$ donne directement le bromure qui vient d'être décrit; en ne faisant agir qu'une seule molécule de brome au lieu de deux, on retrouve la moitié du carbure non attaqué.

Propriétés. — $C^{25}H^{19}Br$ est assez soluble dans l'alcool chaud (environ 1.5 %), très peu soluble dans l'alcool

froid ; il cristallise bien aussi dans l'acide acétique ; il est soluble à froid dans le sulfure de carbone, la benzine et le chloroforme.

Ce produit distille sans décomposition sous la pression ordinaire au-dessus de 560° .

1 gr. a été chauffé pendant dix heures à 150° en tube scellé avec 10 c. c. de potasse alcoolique solidifiable ; après lavage et purification, nous avons retrouvé $0^{\text{er}},90$ de bromure non transformé.

2 gr. de bromure dans 600 gr. d'alcool ont été additionnés de 500 gr. d'amalgame de sodium à 5 %. Après huit à douze jours et épuisement de l'amalgame, on retrouve plus de la moitié du produit non attaqué (le dosage du brome a donné 19.88 %). Il se forme, en même temps, un autre corps en petites aiguilles fus. 88° - 89° , mais que, dans plusieurs opérations, nous n'avons pas obtenu en quantité suffisante pour pouvoir purifier et examiner.

Comme on le voit, ce bromure est remarquable par la résistance qu'il oppose aux agents chimiques. Cette circonstance est particulièrement regrettable, car nous avions espéré obtenir par cette voie le carbure $\text{C}^{25}\text{H}^{20}$, qui eût complété d'une manière très heureuse la série des autres composés hydrocarbonés en C^{25} .

ACTION DE HI SUR LES CARBURES $\text{C}^{25}\text{H}^{22}$ ET $\text{C}^{25}\text{H}^{24}$.

1 gr. d'hydrocarbure chauffé avec 10 c. c. de solution concentrée d'acide iodhydrique d'abord pendant un jour à 150° , puis un jour à 200° , donne, après précipitation par l'eau et cristallisation dans l'acide acétique, un mélange de carbures nouveaux, $\text{C}^{25}\text{H}^{26}$.

Les rendements en produits cristallins paraissent variables; ils sont généralement de 60 % environ. Une seule fois, avec un carbure pur, $C^{25}H^{24}$ fus. 145° , j'ai obtenu, pour 4 gr. de substance, 5^{gr},6 de produit cristallisé.

L'opération donne généralement les mêmes produits et le même rendement, que l'on utilise $C^{25}H^{22}$ ou l'un des isomères $C^{25}H^{24}$.

Les cristaux acétiques sont dissous dans le moins possible d'éther; on ajoute un excès d'alcool; il se forme par le repos des aiguilles vitreuses à côté d'autres cristaux à formes ramassées. On sépare autant que possible ces deux formes pour déterminer séparément la grandeur moléculaire des aiguilles (cryosc. I) et celle des gros cristaux (an. III, série D; cryosc. II).

Le mélange des deux carbures donne de superbes cristaux par refroidissement suivi d'évaporation dans la ligroïne (éb. 80° - 100°); mais, obtenues de cette manière, les deux formes, bien que différant de point de fusion (*), sont difficiles à distinguer.

Tous les essais que nous avons exécutés en vue de séparer les deux formes et de les purifier ensuite par cristallisation ont échoué. Nous ne pouvons donc en fixer avec certitude le point de fusion.

Dans presque toutes les opérations que nous avons exécutées, nous avons constaté la formation d'un produit distillant facilement avec la vapeur d'eau et à odeur très caractéristique, analogue à celle de l'éthyl-benzène.

(*) Dans une même cristallisation, des cristaux plus transparents fondaient à 134° - 135° , d'autres à 117° - 118° .

Cette constatation semblait venir corroborer un essai ancien; le produit de ce dernier nous avait accusé, par une série de déterminations cryoscopiques, une formule de C^{15} ou C^{16} et nous avons pensé que l'acide iodhydrique était capable de scinder la molécule $C^{25}H^{26}$.

En vue de cela, nous avons soumis à une nouvelle action de III, à 200° pendant un jour, un mélange de carbures préparés comme ci-dessus; le rendement de l'opération a été de 50 % en un produit identique au précédent (cryosc. III; an. I (série D) de cet échantillon essayé par la cryoscopie; an. II d'un autre échantillon).

D'autre part, en opérant sur $C^{25}H^{24}$, seulement à 150° , nous n'avons pu observer le rendement théorique en $C^{25}H^{26}$, comme en certaine opération précitée.

Série D.	I.	II.	III.	
Substance :	0,2126	0,1681	0,1644	
Eau :	0,1541	0,1182	0,1170	
CO^2	{ 0,6997	0,5539	0,5341	
	{ 0,0160	0,0108	0,0183	
	{ 0,0018	0,0028	0,0036	$C^{25}H^{26}$
C %	92.04	92.07	92.23	92.03
H %	8.05	7.81	7.91	7.97

Cryoscopie I. Benzène : 20gr,3958. Congélation : $4^{\circ},402$.

Substance :	0,1402	Congélation : $4^{\circ},29$	M trouvé : 307
	0,2628	$4^{\circ},175$	284
	0,3946	$4^{\circ},05$	275
	0,5008	$3^{\circ},98$	291
	0,6159	$3^{\circ},89$	296 M calc. 326

Cryoscopie II. Benzène : 22^{gr},889. Congélation : 5°,813.

Substance : 0,2758	Congélation : 5°,61	M trouvé : 300
0,5299	5°,41	318
0,7453	5°,265	286
0,9419	5°,08	282
1,0756	5°,01	292 M calc. 326

Cryoscopie III. Benzène 22^{gr},4813. Congélation : 4°,42.

Substance : 0,1470	Congélation : 4°,30	M trouvé : 272
0,2645	4°,20	270
0,3747	4°,11	269
0,4269	4°,08	281
0,5416	3°,99	292 M calc. 326

Nous avons étudié sommairement l'action de la chaleur sur le mélange des deux carbures $C^{25}H^{26}$. Bien que l'opération exécutée sur 5 gr. nous ait donné des traces de liquide à odeur d'éthylbenzène, et que nous ayons prolongé assez longtemps l'action de la chaleur, nous avons retrouvé un produit qui accusait une grandeur moléculaire voisine de $C^{25}H^{26}$ et se présentait comme lui sous deux formes de cristaux. La chaleur ne scinderait donc pas $C^{25}H^{26}$. Nous serons amenés plus tard à compléter cette expérience intéressante.

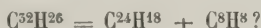
DISTILLATION DES CARBURES $C^{25}H^{22}$ ET $C^{25}H^{24}$.

Il n'est pas sans intérêt de rappeler dans quel but l'un de nous avait abordé l'étude du dypnopinalcolène.

Ce carbure, donnant par scission du triphénylbenzène et un mélange hydrocarboné volatil dont une fraction

était un produit non saturé, il lui avait semblé que l'action de la chaleur sur les produits qu'il avait pris d'abord pour « hydrodypnopinalcolènes » devait conduire à une combinaison volatile saturée. Cette réaction eût donné des aperçus nouveaux dans un ordre de réactions pyrogénées dont il semblait bien difficile de fournir une explication.

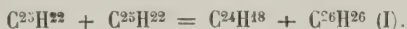
D'autre part, rappelons que les produits hydrocarbonés volatils isolés par M. Ameye (*) dans la distillation de la dypnone sont, très vraisemblablement, l'éthylbenzène et l'allylbenzène. De notre côté (**), nous avons identifié sommairement avec eux les produits volatils de la distillation du dypnopinalcolène. Comment trouver l'explication de ces phénomènes dans l'équation que nous avons posée hypothétiquement :



Ce carbure C^8H^8 , donnant un mélange de C^7 et de C^9 , voilà ce qui semblait une grosse difficulté.

Avec la vraie formule du dypnopinalcolène, $\text{C}^{25}\text{H}^{22}$, l'impossibilité apparente d'obtenir du triphénylbenzène $\text{C}^{24}\text{H}^{18}$ et un composé volatil qui semblait ne pouvoir être que CH^4 nous a bientôt conduits à l'interprétation des faits qui jette un jour nouveau sur cette question de la synthèse de la chaîne benzénique.

Il suffit, en effet, d'imaginer que la réaction se fasse aux dépens de deux molécules :

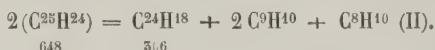


(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), p. 227 (1899).

(**) *Ibid.*, 1900, p. 82.

C'est ce résidu $C^{26}H^{26}$ qui devient l'origine des carbures volatils identifiés par M. Ameye.

La réaction, ainsi que l'on pouvait le prévoir en se basant sur l'étude sommaire qui a été faite de la réaction pyrogénée, est particulièrement nette avec les carbures $C^{25}H^{24}$, et, en attendant que nous puissions poursuivre cette étude dans ses détails, il semble permis de représenter réellement la réaction par l'équation suivante :



On constate qu'elle prévoit la formation de quantités égales de triphénylbenzène et de mélange volatil.

Or, deux expériences, dont l'une bien antérieure à toute notion exacte des faits ici décrits, ont confirmé ces chiffres d'une manière satisfaisante. Une opération a été faite avec 40 gr. et a donné environ 20 gr. de triphénylbenzène et 20 gr. de produit volatil ; une autre de 50 gr. a donné 25 gr. de produit volatil, 25 gr. de triphénylbenzène et 5 gr. de résidu.

Si, partant de là, on cherche à expliquer la scission de $C^{25}H^{22}$ par la chaleur (*) à l'aide de la même équation, on se heurte à certaines difficultés.

(*) Il est utile d'expliquer ici une expression qui s'est glissée dans un mémoire antérieur et pourrait être mal comprise. Le rendement en produit volatil dans la distillation de $C^{32}H^{26}$ (?) m'avait paru faible. Cela est vrai, à condition que l'on ne comprenne pas comme produit volatil le polyallylbenzène (éb. 340°).

Le résidu $C^{26}H^{26}$ de l'équation I serait, soit $2C^9H^8 + C^8H^{10}$, soit $2C^9H^{10} + C^8H^6$, etc.

Or, d'une part, les produits volatils de l'action de la chaleur sur $C^{25}H^{22}$ ne donnent pas la réaction des carbures acétyléniques, d'autre part, ils contiennent toujours une combinaison saturée (éthylbenzène?) et aussi un carbure polymérisable (allylbenzène?).

D'ailleurs, l'expérience la plus sommaire nous montre que la proportion de carbure volatil est notablement moins forte avec $C^{25}H^{22}$ qu'avec $C^{25}H^{24}$.

150 gr. de $C^{25}H^{22}$ pur et sec ont donné 50 gr. de liquide distillé.

Le résidu a été épuisé par l'acide acétique; celui-ci a donné par distillation 6 gr. de poly-allylbenzène.

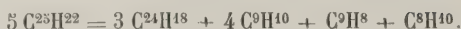
Les 50 gr. distillés ont donné par rectification 150-220, 18 gr., et cette dernière portion, chauffée pendant cent heures à 250° en tube scellé, a donné à la rectification 120-180, 12 gr.

Nous ne pouvons donner des chiffres satisfaisants de triphénylbenzine dont la purification a subi quelques accidents; le rendement en est supérieur à 95 gr.

Ce résultat est difficilement compatible avec la formule II, et il semble permis de conclure qu'une partie de la portion qui forme dans cette équation le produit volatil concourt dans le cas de $C^{25}H^{22}$ à former encore de la triphénylbenzine. *A priori*, il est aisé de rendre compte de cette hypothèse par une équation, en combinant de quelque manière avec II une équation du genre de la suivante :



et arriver par exemple à celle-ci :



C'est là d'ailleurs une simple hypothèse. Pour compléter ce travail et établir la théorie sur les données précises de l'expérience, il faudra mettre en œuvre au moins 1 kilogr. de carbure, afin de pouvoir faire une étude approfondie du composé volatil. Peut-être celle-ci effacera-t-elle les difficultés qui s'opposent maintenant encore à toute interprétation expérimentalement établie de la distillation de $\text{C}^{25}\text{H}^{22}$.

CONCLUSION.

L'un de nous avait démontré par quelle voie l'acétophénone se transforme en composé en C^{52} dans la synthèse de la chaîne benzénique. Restait à savoir comment ce dernier complexe C^{52} , engendre la triphénylbenzine.

Il est vrai que certains dérivés en C^{52} subissent une décomposition en triphénylbenzène et un composé volatil. C'est le cas pour la dynopinacoline α :



Telle est l'équation que nous n'avons pas encore vérifiée en opérant en grand, mais que nous jugeons très satisfaisante.

Mais si cette expression est toujours conforme à la

réalité des choses, elle reste cependant à peu près seule aujourd'hui pour représenter ce genre de réaction.

En collaboration avec un de ses élèves, l'un de nous a recommencé l'étude du dypnopinacolène $C^{52}H^{24}$ et il semble que sa résistance à fournir de la triphénylbenzine se trouve confirmée. Au contraire, la scission de l'alcool dypnopinacolique qui vient se ranger à côté de celle de l'alcool homodypnopinacolique acquiert une grande importance.

Il devient intéressant de constater de plus que la production d'aldéhyde ou d'acide benzoïque semble un fait tenant à la nature même de la dypnone : presque toutes les réactions de ce corps donnent naissance à une *petite quantité* d'acide benzoïque; il semble donc que l'on puisse conclure à la formation simultanée d'un dérivé en C^{25} .

De plus, l'un de nous décrira ultérieurement la scission systématique de la dypnopinacone en dibenzyle et $C^{25}H^{20}O^2$ sous l'influence de l'acide sulfurique concentré.

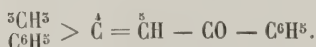
D'autre part, l'identité des carbures volatils que l'on retrouve, et dans la distillation de la dypnone, et dans celle de $C^{25}H^{22}$, établit un lien de plus entre la réaction pyrogénée de la dypnone et les synthèses de la dypnopinacone. Et ce lien est d'autant plus étroit que la présence de ces carbures était bien, dans les deux cas, matière à surprendre les chimistes.

Il nous autorise à admettre que dans l'action de la chaleur sur la dypnone il se forme réellement un composé en C^{25} .

Envisageant maintenant d'une même manière les deux ordres de réactions, nous pouvons résumer en les divers points suivants les grandes lignes de la synthèse :

- 1° Acétophénone ;
- 2° Dypnone ;
- 3° Polymérisation de la dypnone en un dérivé C⁵² ;
- 4° Scission de C⁵² en C²⁵ ;
- 5° (?) Polymérisation de C²⁵ ;
- 6° Scission en C²⁴ et un mélange volatil.

Remarquons que s'efface ainsi une difficulté d'interprétation que nous avons rencontrée dès le début de nos recherches. Le dypnopinalcolène prévoyait la formation de triphénylbenzène dissymétrique, et dans tous les cas il paraissait impossible d'expliquer la formation systématique du triphénylbenzène symétrique dès l'instant qu'on admettait la polymérisation de la dypnone dans le sens où nous étions autorisés à la comprendre :



Deux chaînons C⁶H⁵ étant dans la situation (1.4), la formation de triphénylbenzène (1.5.5) pouvait être jugée inexplicable par voie directe.

Action de l'acide chlorhydrique introduit dans l'intestin sur la sécrétion biliaire; par le Dr A. Falloise, assistant à l'Université de Liège.

I.

On sait, depuis les travaux de Dolinski (1) et de Gottlieb (2), que l'introduction d'acide chlorhydrique en solution à 5 ‰ dans le tube digestif est suivie d'une accélération remarquable de la sécrétion du suc pancréatique. Cette accélération se produit, ainsi que l'ont établi Popielski (3) et Wertheimer et Lepage (4), lorsque la solution acide arrive au contact de la muqueuse du duodénum et de la première portion du jéjunoniléon.

Tandis que quelques auteurs, notamment Neumeis-

(1) DOLINSKI, *L'acide comme stimulant de la sécrétion pancréatique*. (ARCH. DES SCIENCES BIOL., t. III, p. 339.)

(2) GOTTLIEB, *Beiträge zur Physiologie und Pharmacologie der Pankreassecretion*. (ARCH. F. EXPERIM. PATHOL. U. PHARMACOL., Bd XXXIII, S. 275.)

(3) POPIELSKI, *Ueber das peripherische reflectorische Nervencentrum des Pankreas*. (PFLÜGER'S ARCHIV, Bd LXXXVI, S. 215.)

(4) WERTHEIMER et LEPAGE, *Sur l'association réflexe du pancréas avec l'intestin grêle*. (JOURN. DE PHYSIOL. ET DE PATHOL. GÉNÉRALE, 1901, p. 689.)

ter (1) et Becker (2), attribuaient l'action de l'acide chlorhydrique à un mécanisme humoral, la plupart des physiologistes, tels que Kühne (3), Gottlieb (4), Dolinski (5), Pawlow (6), etc., croyaient à un mécanisme purement réflexe, l'acide chlorhydrique agissant sur les terminaisons des nerfs centripètes de l'intestin grêle.

Après les expériences de Popielski (7) d'une part, de Wertheimer et Lepage (8) d'autre part, démontrant que l'action de l'acide chlorhydrique sur la sécrétion pancréatique se produisait encore chez des animaux ayant subi la section des pneumogastriques et des sympathiques dans le thorax, la destruction de la moelle, l'ablation des ganglions solaires et des plexus cœliaque et mésentérique supérieur, il fallut bien admettre, à l'inverse de ce que pensait Pawlow, que cette action était indépendante du système nerveux central.

Néanmoins, ces auteurs, ayant constaté que l'injection d'acide chlorhydrique dans les vaisseaux n'avait aucun

(1) NEUMEISTER, *Lehrbuch der physiol. Chemie*, Bd I, S. 146.

(2) BECKER, *De l'influence des solutions de bicarbonate de soude, de sel marin, d'acide carbonique et de quelques eaux ulcalines sur la sécrétion du suc pancréatique*. (ARCH. DES SCIENCES EXPÉRIM. DE SAINT-PÉTERSBOURG, t. II, p. 433.)

(3) KÜHNE, *Lehrbuch der physiol. Chemie*.

(4) GOTTLIEB, *loc. cit.*

(5) DOLINSKI, *loc. cit.*

(6) PAWLOW, *Le travail des glandes digestives*. Trad. Pachon et Sabrazes, 1901.

(7) POPIELSKI, *loc. cit.*

(8) WERTHEIMER et LEPAGE, *Sur les fonctions réflexes des ganglions abdominaux du sympathique dans l'innervation sécrétoire du pancréas*. (JOURN. DE PHYSIOL. ET DE PATHOL. GÉNÉRALE, 1901, p. 335.)

effet sur la sécrétion pancréatique, conclurent à un mécanisme réflexe dont les centres se trouvaient vraisemblablement dans les ganglions nerveux intrapancréatiques.

La persistance de l'action de l'HCl sur le pancréas après toutes ces destructions nerveuses d'une part, d'autre part le fait signalé par Wertheimer et Lepage (1) que l'empoisonnement par l'atropine n'empêche pas cette action, amenèrent Bayliss et Starling (2) à penser qu'il ne s'agissait pas d'un mécanisme réflexe, mais d'un mécanisme chimique, humoral.

Après avoir isolé une portion du jéjunum et détruit tous les filets nerveux qui y aboutissent, ces auteurs constatèrent que l'application d'HCl sur la muqueuse de l'anse énercée produisait encore son effet habituel sur la sécrétion pancréatique. Dans cette expérience, tout mécanisme réflexe est exclu et les auteurs anglais concluent qu'il ne peut s'agir que d'une action chimique s'exerçant par l'intermédiaire de la circulation sanguine.

Ils ont alors démontré qu'il existe normalement dans les cellules superficielles de la muqueuse du duodénum et de l'origine du jéjuno-iléon une substance spéciale, insoluble, qu'ils ont appelée *prosécrétine* et qui, au contact d'une solution acide, se transforme en une substance nouvelle, soluble, la *sécrétine*.

Si on racle la muqueuse du duodénum et que l'on

(1) WERTHEIMER et LEPAGE, *Sécrétion pancréatique et atropine*. (COMPTES RENDUS DE LA SOC. DE BIOL., 1901, p. 739.)

(2) BAYLISS und STARLING, *Centralbl. f. Physiol.*, 1902, S. 682.

traite le produit de raclage par de l'acide chlorhydrique, on obtient une solution très active de sécrétine. Il suffit d'injecter dans une veine quelconque quelques centimètres cubes de cette solution pour provoquer, après une période latente de trois à cinq minutes, une belle sécrétion de suc pancréatique qui dure pendant quinze à vingt minutes. La prosécrétine n'est pas répartie également dans toute l'étendue de l'intestin grêle : elle est surtout abondante dans la muqueuse du duodénum, mais va en diminuant au fur et à mesure qu'on s'éloigne de ce dernier pour faire totalement défaut au niveau de la dernière portion de l'iléon.

Pour Bayliss et Starling, la sécrétion pancréatique consécutive à l'introduction de l'acide dans le duodénum est due *uniquement* à la transformation de la prosécrétine en sécrétine, laquelle est amenée au pancréas par voie sanguine et détermine une excitation chimique des cellules glandulaires de cet organe.

Enrikez et Hallion (1) ont apporté une preuve nouvelle et décisive en faveur de cette manière de voir. Ils ont transfusé, de carotide à jugulaire, le sang d'un chien A, ayant reçu dans son intestin une injection d'acide chlorhydrique, à un autre chien B, et ont de cette façon provoqué chez le chien B une belle sécrétion pancréatique, démontrant ainsi que le sang de A était chargé de sécrétine.

(1) ENRIKEZ et HALLION, *Réflexe acide de Pawlow et sécrétine ; mécanisme humoral commun*. (COMPTES RENDUS DE LA SOC. DE BIOL., 1903, p. 233.)

A la suite de ces recherches, il semblait bien que la théorie réflexe dût être définitivement abandonnée en faveur de la théorie humorale.

Mais Popielski (1), reprenant les expériences de Bayliss et Starling, se refuse à admettre que l'acide chlorhydrique appliqué sur la muqueuse du duodénum agisse sur la sécrétion pancréatique par formation de sécrétine. Pour lui, le mécanisme est uniquement réflexe. Si Bayliss et Starling ont obtenu une sécrétion en introduisant l'acide dans une anse intestinale énervée, c'est que, vraisemblablement, ils ont omis de fermer le pylore et que, au moment de l'introduction de l'acide, une partie du contenu de l'estomac a passé dans le duodénum.

Fleig (2) également, en refaisant l'expérience de l'anse énervée, n'a obtenu qu'un résultat négatif. Au contraire, Wertheimer (3), introduisant de l'essence de moutarde dans l'anse énervée, provoqua la sécrétion pancréatique.

Aussi Wertheimer admet-il l'existence du mécanisme humoral, mais il pense qu'il n'est pas le seul et qu'une action réflexe intervient en même temps. Il la démontre de la manière suivante : Le canal thoracique d'un chien étant lié, une anse intestinale est isolée et le

(1) POPIELSKI, *Ueber dem Charakter der Function des Pankreas unter dem Einflusse der Einfuhrung von Salzsäure in das Duodenum.* (CENTRALBL. F. PHYSIOL., Bd XVI, S. 505.)

(2) FLEIG, *Zur Wirkung des Secretins und der Säure auf die Absonderung von Pankreassaft bei Einfuhrung von Säure in den Dünndarm.* (CENTRALBL. F. PHYSIOL., Bd XVI, N° 24.)

(3) WERTHEIMER, *Sur le mode d'association du pancréas avec l'intestin.* (COMPTES RENDUS DE LA SOC. DE BIOL., 1902, p. 474.)

sang veineux qui revient de cette anse est conduit à l'extérieur, les connexions nerveuses restant intactes. Dans ces conditions, si on introduit de l'acide chlorhydrique dans cette anse, la sécrétine qui se forme ne peut pénétrer dans la circulation générale, et cependant on observe une accélération notable de la sécrétion pancréatique, laquelle ne peut s'expliquer que par un mécanisme réflexe.

Fleig se montre également partisan d'un double mécanisme humoral et réflexe, ce dernier étant même le plus important.

A la suite de la découverte de Bayliss et Starling, Victor Henri et Portier (1) se sont demandé si la sécrétine, qui est l'excitant spécifique de la sécrétion pancréatique, n'aurait pas d'action sur la sécrétion de la bile. En injectant dans une veine une solution de sécrétine obtenue simplement en traitant par HCl le produit de raclage de la muqueuse duodénale, ils observèrent une augmentation notable de la sécrétion de la bile. Mais Bayliss et Starling (2) n'attachent pas grande valeur au résultat de ces auteurs, parce que la solution de sécrétine qu'ils ont injectée n'était pas pure, contenait des albumoses primaires et des sels biliaires, substances qui ont une action cholagogue. Dès lors, rien ne permettait d'affirmer que l'augmentation de la sécrétion biliaire était due à la sécrétine plutôt qu'à ces substances.

Dans quelques expériences, Bayliss et Starling ont

(1) VICTOR HENRI et PORTIER, *Action de la sécrétine sur la sécrétion de la bile*. (COMPTES RENDUS DE LA SOC. DE BIOL., 1902, p. 620.)

(2) BAYLISS and STARLING, *The mechanism of pancreatic secretion*. (THE JOURNAL OF PHYSIOLOGY, t XXVIII, p 325.)

employé une solution de sécrétine aussi pure que possible et déclarent avoir constaté une notable augmentation de la sécrétion de la bile, mais ils hésitent cependant à attribuer à la sécrétine elle-même le pouvoir cholagogue.

Au cours d'un travail (1) où nous étudions l'influence de l'activité des glandes sur la production de la lymphe, nous avons pu confirmer les résultats des auteurs anglais. Nous avons constaté, comme eux, l'action cholagogue manifeste de l'injection intraveineuse d'une solution de sécrétine exempte d'albumoses et de sels biliaries. En outre, en injectant une solution préparée, non plus avec la muqueuse du duodénum, mais avec celle de la dernière portion de l'iléon, solution qui ne contient pas de sécrétine, nous n'avons pas obtenu d'action cholagogue. Ainsi, il devenait très vraisemblable que c'était bien à la présence de la sécrétine qu'il fallait attribuer l'augmentation de la sécrétion biliaire.

La sécrétine serait donc l'agent spécifique de la sécrétion des deux glandes, pancréas et foie, qui déversent leur produit dans le duodénum. Cette connexion physiologique entre ces deux organes est, du reste, *a priori*, très vraisemblable, si l'on songe d'une part à leurs rapports anatomiques et embryologiques, d'autre part à leur association physiologique dans la digestion intestinale.

Enrikez et Hallion (2) à leur tour et par des expé-

(1) A. FALLIOISE, *Le travail des glandes et la formation de la lymphe. Contribution à l'étude de la sécrétine.* (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE [Classe des sciences], 1902, p. 945.)

(2) ENRIKEZ et HALLION, *Recherches nouvelles sur la sécrétine. Action sur le foie.* (PRESSE MÉDICALE, 1903, p. 103.)

riences nouvelles ont mis nettement en évidence l'action cholagogue de la sécrétine.

Étant donné, d'une part, que la sécrétion pancréatique provoquée par l'introduction d'acide chlorhydrique dans l'intestin est due, sinon en totalité, dans tous les cas partiellement, à la formation dans la muqueuse duodénale de la sécrétine que le courant sanguin amène au pancréas, étant donné, d'autre part, que la sécrétine injectée dans la circulation augmente la sécrétion biliaire, il nous avait semblé *a priori* évident que la pénétration d'acide chlorhydrique dans l'intestin devait être suivie d'une augmentation de cette sécrétion, et cela d'autant plus que la sécrétine qui se forme dans ces conditions est amenée par le courant sanguin directement et en premier lieu dans le foie.

Cette conception théorique nous avait amené, dans le travail précédemment cité, à rechercher l'influence de l'acide chlorhydrique introduit dans l'intestin sur la production de la bile.

A la vérité, Bruno (1), un élève de Pawlow, après avoir introduit de l'HCl dans le tube digestif de chiens, n'avait constaté aucune modification dans l'écoulement de la bile. Mais il convient de remarquer que Bruno expérimentait sur des chiens munis d'une fistule biliaire permanente, l'orifice naturel du canal cholédoque avec le sphincter d'Oddi entouré d'un fragment de muqueuse intestinale étant conduit au dehors; de sorte que Bruno étudiait non pas les variations de la sécrétion biliaire,

(1) BRUNO, *La bile comme agent digestif*. (ARCH. DES SCIENCES BIOL., t. VII, p. 87.)

mais celles de l'écoulement de la bile à travers le sphincter. D'autre part, Rutherford (1) avait fait deux expériences dans lesquelles il recueillait la bile après introduction d'HCl dans le tube digestif, et, dans une de ces expériences, il avait constaté une augmentation de la sécrétion biliaire.

En injectant dans le duodénum de chiens, porteurs d'une fistule temporaire de la vésicule biliaire, une solution à 5 % d'HCl, nous pûmes constater de la manière la plus évidente une augmentation très notable de la sécrétion de la bile, augmentation que nous décrivîmes en ces termes : « La sécrétion biliaire augmente peu après l'injection et atteint le double de sa valeur primitive (2). »

Nous attribuons l'action cholagogue uniquement à la formation de sécrétine, par analogie avec ce qui se passe pour la sécrétion pancréatique, les expériences de Wertheimer démontrant, pour cette dernière, la possibilité d'un double mécanisme étant postérieures à ces recherches.

Cette action cholagogue de l'acide chlorhydrique introduit dans l'intestin fut signalée peu après par Enrikez et Hallion (3), qui, ignorant notre travail, ont, en opérant à peu près dans les mêmes conditions que nous, obtenu un résultat identique. Wertheimer (4), à son tour, a men-

(1) RUTHERFORD, *Trans. of the Roy. Soc. f. Edinburgh*, t. XXIX.

(2) A. FALLOISE, *loc. cit.*, p. 972.

(3) ENRIKEZ et HALLION, *loc. cit.*

(4) WERTHEIMER, *De l'action des acides et du chloral sur la sécrétion biliaire, d'après les expériences de Ch. Dubois*. (COMPTES RENDUS DE LA SOC. DE BIOL., 1903, p. 286.)

tionné que l'acide chlorhydrique introduit dans le duodénum a une action cholagogue, tandis qu'il n'en a pas au niveau de l'iléon. Enfin, tout récemment, Fleig (1), reprenant l'expérience imaginée par Wertheimer pour l'étude de la sécrétion pancréatique, expérience consistant à conduire au dehors le sang veineux d'une anse intestinale dans laquelle on introduit de l'acide chlorhydrique, a constaté que la sécrétion biliaire, dans ces conditions, augmente également. Il conclut à l'existence d'un mécanisme réflexe, dont les centres siègent au niveau du plexus mésentérique supérieur cœliaque et hépatique, et peut-être aussi des ganglions intrahépatiques, car l'extirpation de la moelle ne l'empêche pas de se produire.

II.

Dans le présent travail, nous nous sommes proposé d'étudier de plus près cette action cholagogue de l'HCl et son mécanisme.

Nous avons successivement recherché si l'HCl exerce son action dans toute l'étendue du tube digestif ou seulement au niveau du duodénum et du jéjunum, comme c'est le cas vis-à-vis de la sécrétion pancréatique; s'il existe, comme pour celle-ci, une période latente ou si l'action est immédiate. Nous avons étudié l'importance et la durée de cette action, l'influence de la dose de HCl introduite, l'action des anesthésiques et de l'atropine.

(1) FLEIG, *Augmentation réflexe de la sécrétion biliaire par introduction d'acide dans le duodéno-jéjunum*. (COMPTES RENDUS DE L'ACAD. DES SCIENCES, 1903, p. 701.)

Enfin, lorsque nous avons signalé pour la première fois l'action cholagogue de l'HCl, nous avons supposé un mécanisme uniquement humoral, analogue à celui qu'admettaient Bayliss et Starling pour la sécrétion pancréatique, c'est-à-dire formation d'une substance, la sécrétine, amenée au foie par voie sanguine. Dans les expériences qui suivent, nous avons cherché à démontrer le bien fondé de cette hypothèse, c'est-à-dire la réalité de ce mécanisme humoral.

Pour déterminer à quel niveau du tube digestif l'HCl exerce son action, nous avons, chez des chiens, à jeun depuis vingt-quatre heures, introduit l'HCl successivement dans l'estomac, le rectum, le côlon et l'intestin grêle. L'acide est toujours employé en solution à 5 ‰, ce qui correspond à l'acidité du chyme stomacal du chien, et injecté tiède au moyen d'une seringue munie d'une fine aiguille, piquée à travers la paroi du tube digestif.

Pour recueillir la bile, nous introduisons une canule munie d'un tube de caoutchouc dans le canal cholédoque, le col de la vésicule biliaire étant fermé par une ligature. Une autre ligature ferme le pylore. La bile est reçue dans de petits cylindres gradués divisés en dixièmes de centimètre cube et changés toutes les cinq minutes. Dans certaines expériences, nous avons également placé une canule dans le conduit de Wirsung pour recueillir le suc pancréatique.

On constate immédiatement que l'HCl n'exerce son action cholagogue que lorsqu'il est introduit dans l'intestin grêle. Partout ailleurs, il est sans action. Qu'il nous suffise de donner ici deux protocoles d'expériences, les autres étant identiques.

EXPÉRIENCE I. — Chien de 31 kilogrammes. A jeun depuis vingt-quatre heures. Anesthésié par la morphine et le chloroforme. Ligature du col de la vésicule biliaire. Ligatures au niveau du pylore et sur le cæcum. Canules dans le canal cholédoque et le conduit de Wirsung.

TEMPS.	Débit de la bile de 5 en 5 minutes en centimètres cubes.	Débit du suc pancréatique de 5 en 5 minutes en gouttes.
9 ^h 45 à 9 ^h 50	1,30	—
9 50 à 9 55	1,10	1
9 55 à 10 00	1,40	—
à 10 heures, injection de 20 centimètres cubes d'HCl à 5 ‰ dans le rectum.		
10 ^h 00 à 10 ^h 05	1,00	—
10 05 à 10 10	1,50	—
10 10 à 10 15	1,30	1
10 15 à 10 20	1,20	—
à 10 ^h 20, injection de 20 centimètres cubes d'HCl à 5 ‰ dans le côlon ascendant.		
10 ^h 20 à 10 ^h 25	1,10	—
10 25 à 10 30	1,20	1
10 30 à 10 35	1,40	—
10 35 à 10 40	1,10	—
10 40 à 10 45	1,10	—
10 45 à 10 50	1,50	—

TEMPS.	Débit de la bile de 5 en 5 minutes en centimètres cubes.	Débit du suc pancréatique de 5 en 5 minutes en gouttes.
à 10 ^h 50, injection de 20 centimètres cubes d'HCl à 5 ‰ dans l'estomac.		
10 ^h 50 à 10 ^h 55	1,30	—
10 55 à 11 00	1,20	—
11 00 à 11 05	1,00	4
11 05 à 11 10	1,20	—
11 10 à 11 15	1,40	—
à 11 ^h 15, injection de 20 centimètres cubes d'HCl à 5 ‰ dans l'intestin grêle.		
11 ^h 15 à 11 ^h 20	1,00	2
11 20 à 11 25	1,80	18
11 25 à 11 30	1,90	20
11 30 à 11 35	1,60	8
11 35 à 11 40	1,50	4
11 40 à 11 45	1,20	2
11 45 à 11 50	1,10	1

EXPÉRIENCE II. — Chien de 18 kilogrammes. A jeun depuis vingt-quatre heures. Anesthésié par la morphine et le chloroforme. Préparé comme le précédent.

TEMPS.	Débit de la bile de 5 en 5 minutes en centimètres cubes.	Débit du suc pancréatique de 5 en 5 minutes en gouttes.
10 ^h 40 à 10 ^h 45	0,30	—
10 45 à 10 20	0,40	—
10 20 à 10 25	0,30	—
à 10 ^h 25, injection de 15 centimètres cubes d'HCl à 5 ‰ dans l'estomac.		
10 ^h 25 à 10 ^h 30	0,40	—
10 30 à 10 35	0,40	—
10 35 à 10 40	0,30	1
10 40 à 10 45	0,50	—
à 10 ^h 45, injection de 15 centimètres cubes d'HCl à 5 ‰ dans le côlon.		
10 ^h 45 à 10 ^h 50	0,40	—
10 50 à 10 55	0,30	—
10 55 à 11 00	0,40	—
à 11 heures, injection de 15 centimètres cubes d'HCl à 5 ‰ dans le duodénum.		
11 ^h 00 à 11 ^h 05	0,40	1
11 05 à 11 10	0,90	12
11 10 à 11 15	0,90	11
11 15 à 11 20	0,70	8
11 20 à 11 25	0,50	4
11 25 à 11 30	0,40	1

Ainsi donc, ni dans l'estomac, ni dans le rectum, ni dans le côlon, l'HCl n'exerce une influence quelconque sur la sécrétion de la bile. Ce n'est que dans l'intestin grêle que cette action se produit. Mais se produit-elle dans toute l'étendue de ce dernier?

Pour résoudre ce point, nous isolons, entre des ligatures, différentes portions de l'intestin grêle, dans lesquelles nous introduisons successivement une solution à 5 ‰ d'HCl.

Le pylore étant lié, comme dans toutes nos expériences, nous plaçons une ligature à l'origine du jéjunum, au niveau de la racine du mésentère, une autre 50 centimètres à 1 mètre plus loin, une dernière à une distance du cæcum variant de 40 à 70 centimètres. L'intestin grêle est ainsi divisé en quatre portions : 1° le duodénum ; 2° une portion longue de 50 centimètres à 1 mètre, que nous appellerons première portion du jéjunum ; 3° une portion de longueur variable, que nous appellerons portion moyenne de l'intestin grêle ; 4° une dernière portion d'une longueur de 40 à 70 centimètres à partir du cæcum, que nous appellerons dernière portion de l'iléon.

L'introduction d'HCl dans cette dernière partie n'est suivie d'aucune augmentation de la sécrétion biliaire, tout comme c'est le cas pour la sécrétion pancréatique. Dans la portion moyenne, on n'observe, le plus souvent aussi, aucune action, ou bien une action peu prononcée. Au contraire, dans la première portion du jéjunum et dans le duodénum, l'HCl produit presque toujours une notable accélération des sécrétions biliaire et pancréatique. Le plus souvent, l'accélération est plus marquée après introduction dans le duodénum que dans la portion suivante. Il arrive assez souvent que dans cette dernière, elle soit très faible ou, plus rarement à la vérité, fasse même complètement défaut.

Voici les protocoles de deux de ces expériences qui représentent la façon dont les choses se passent dans la majorité des cas.

EXPÉRIENCE III. — Chien de 20 kilogrammes. A jeun depuis vingt-quatre heures. Anesthésié par la morphine et le chloroforme. Première ligature au niveau du pylore; deuxième ligature au niveau de la racine du mésentère; troisième ligature à 60 centimètres de la précédente; quatrième ligature à 40 centimètres du cæcum, sur l'iléon. Canule dans le canal cholédoque, le col de la vésicule biliaire étant lié Canule dans le canal de Wirsung.

TEMPS.	Débit de la bile de 5 en 5 minutes en centimètres cubes.	Débit du suc pancréatique de 5 en 5 minutes en gouttes.
10 ^h 50 à 10 ^h 55	0,70	—
10 55 à 11 00	0,60	—
11 00 à 11 05	0,50	4
11 05 à 11 10	0,60	—
à 11 ^h 10, injection de 20 centimètres cubes d'HCl à 5 ‰ dans la dernière partie de l'iléon.		
11 ^h 10 à 11 ^h 15	0,40	—
11 15 à 11 20	0,60	—
11 20 à 11 25	0,50	—
11 25 à 11 30	0,60	4
à 11 ^h 30, injection de 20 centimètres cubes d'HCl à 5 ‰ dans la portion moyenne de l'intestin grêle.		
11 ^h 30 à 11 ^h 35	0,50	—
11 35 à 11 40	0,60	—
11 40 à 11 45	0,70	—

TEMPS.	Débit de la bile de 5 en 5 minutes en centimètres cubes.	Débit du suc pancréatique de 5 en 5 minutes en gouttes.
à 11 ^h 45, injection de 20 centimètres cubes d'HCl à 5 ‰ dans la première portion du jéjunum.		
11 ^h 45 à 11 ^h 50	0,60	2
11 50 à 11 55	0,90	6
11 55 à 12 00	1,0	5
12 00 à 12 05	0,90	3
12 05 à 12 10	0,70	1
à 12 ^h 10, injection de 20 centimètres cubes d'HCl à 5 ‰ dans le duodénum.		
12 ^h 10 à 12 ^h 15	0,60	1
12 15 à 12 20	1,60	12
12 20 à 12 25	1,40	9
12 25 à 12 30	1,0	7
12 30 à 12 35	0,80	4
12 35 à 12 40	0,70	2
12 40 à 12 45	0,70	1

EXPÉRIENCE IV. — Chien de 18 kilogrammes. A jeun depuis vingt-quatre heures. Anesthésié par la morphine. Première ligature au niveau du pylore; deuxième ligature au niveau de la racine du mésentère; troisième ligature à 80 centimètres plus loin; quatrième ligature à 50 centimètres du cæcum. Canule dans le canal cholédoque, le col de la vésicule biliaire étant lié, et dans le conduit de Wirsung.

TEMPS.	Débit de la bile de 5 en 5 minutes en centimètres cubes.	Débit du suc pancréatique de 5 en 5 minutes en gouttes.
9 ^h 25 à 9 ^h 30	0,30	—
9 30 à 9 35	0,40	—
9 35 à 9 40	0,30	—
à 9 ^h 40, injection de 15 centimètres cubes d'HCl à 5 ‰ dans la dernière portion de l'iléon.		
9 ^h 40 à 9 ^h 45	0,40	—
9 45 à 9 50	0,40	4
9 50 à 9 55	0,30	4
à 9 ^h 55, injection de 15 centimètres cubes d'HCl à 5 ‰ dans la portion moyenne de l'intestin grêle.		
9 ^h 55 à 10 ^h 00	0,40	—
10 00 à 10 05	0,50	4
10 05 à 10 10	0,40	4
à 10 ^h 10, injection de 15 centimètres cubes d'HCl à 5 ‰ dans la première portion du jéjunum.		
10 ^h 10 à 10 ^h 15	0,50	4
10 15 à 10 20	0,90	12
10 20 à 10 25	0,80	7
10 25 à 10 30	0,80	3
10 30 à 10 35	0,50	1

TEMPS.	Débit de la bile de 5 en 5 minutes en centimètres cubes.	Débit du suc pancréatique de 5 en 5 minutes en gouttes.
à 10 ^h 35, injection de 15 centimètres cubes d'HCl à 5 ‰ dans le duodénum.		
10 ^h 35 à 10 ^h 40	0,70	2
10 40 à 10 45	1,20	18
10 45 à 10 50	1,0	12
10 50 à 10 55	0,80	8
10 55 à 11 00	0,70	3

L'HCl n'exerce donc son action cholagogue que dans la première portion de l'intestin grêle, principalement au niveau du duodénum, moins fortement dans la première portion du jéjunum ; plus loin dans l'intestin grêle son action est en général très faible ou nulle.

Quelle est l'importance de cette action cholagogue et quelle en est la durée ? Survient-elle immédiatement après le contact de la muqueuse avec HCl ou ne se produit-elle qu'après une période latente plus ou moins longue ?

Lorsque nous avons signalé, pour la première fois (1), cette action cholagogue de l'HCl introduit dans l'intestin, nous avons dit que la sécrétion de la bile atteignait après

(1) A. FALLOISE, *loc. cit.*, p. 972.

l'injection le double de sa valeur. C'était là une moyenne. En réalité, dans certains cas, l'accélération est moins forte, dans d'autres, au contraire, elle est beaucoup plus prononcée, le débit de la bile atteignant le triple ou même le quadruple de ce qu'il était avant l'injection. Voici à titre d'exemples deux protocoles d'expériences : dans la première, le débit de la bile a augmenté dans les proportions ordinaires; dans la seconde, le débit a augmenté d'une façon tout à fait remarquable.

EXPÉRIENCE V. — Chien de 15 kilogrammes. A jeun depuis vingt-quatre heures. Anesthésié par la morphine. Ligature du pylore. Ligature du col de la vésicule biliaire. Canules dans le canal cholédoque et dans le conduit de Wirsung.

TEMPS.	Débit de la bile de 5 en 5 minutes en centimètres cubes.	Débit du suc pancréatique de 5 en 5 minutes en gouttes.
8 ^h 30 à 8 ^h 35	0,40	—
8 35 à 8 40	0,40	1
8 40 à 8 45	0,50	—
8 45 à 8 50	0,50	—
à 8 ^h 50, injection de 50 centimètres cubes d'HCl à 5 ‰ dans le duodénum.		
8 ^h 50 à 8 ^h 55	0,60	—
8 55 à 9 00	0,75	11
9 00 à 9 05	1,0	14
9 05 à 9 10	0,90	9
9 10 à 9 15	0,70	4
9 15 à 9 20	0,50	2

EXPÉRIENCE VI. — Chien de 14 kilogrammes. Préparé comme le précédent.

TEMPS.	Débit de la bile de 5 en 5 minutes en centimètres cubes.	Débit du suc pancréatique de 5 en 5 minutes en gouttes.
3 ^h 25 à 3 ^h 30	0,40	4
3 30 à 3 35	0,40	—
3 35 à 3 40	0,30	—
3 40 à 3 45	0,30	—
à 3 ^h 45, injection de 30 centimètres cubes d'HCl à 5 ‰ dans le duodénum.		
3 ^h 45 à 3 ^h 50	0,30	3
3 50 à 3 55	1,50	19
3 55 à 4 00	1,40	12
4 00 à 4 05	1,20	4
4 05 à 4 10	0,90	2
4 10 à 4 15	0,40	1
4 15 à 4 20	0,30	1

Les protocoles d'expériences qui précèdent permettent déjà jusqu'à un certain point de se renseigner sur la marche et la durée de l'action cholagogue qui succède à l'introduction de l'acide chlorhydrique dans l'intestin. On voit que l'accélération de la sécrétion n'est pas immédiate, qu'elle est précédée d'une période latente, qu'elle atteint son maximum dans les dix ou quinze minutes qui suivent l'injection, puis qu'elle diminue rapidement. Pour mieux nous rendre compte de la marche de la sécrétion, nous avons dans quelques expériences compté les gouttes de bile qui tombaient par minute, en même temps que nous mesurions le débit de cinq en cinq minutes dans

des tubes gradués. La numération des gouttes, en effet, ne suffit pas à elle seule pour mesurer exactement le débit, toutes les gouttes n'ayant pas les mêmes dimensions.

Nous avons pu, de cette façon, constater que l'accélération de la sécrétion biliaire ne se produit qu'après une période latente qui varie de trois à cinq minutes après l'injection, qu'elle augmente très rapidement de la cinquième à la dixième ou à la quinzième minute, pour diminuer ensuite et cesser complètement vingt-cinq, trente ou trente-cinq minutes après l'injection d'acide chlorhydrique. L'accélération de la sécrétion pancréatique suit une marche parallèle, mais paraît cesser un peu plus tôt. Voici deux protocoles de ces expériences choisis parmi les plus typiques.

La marche des sécrétions biliaire et pancréatique est représentée graphiquement, le temps étant compté en minutes sur l'horizontale, le nombre de gouttes par minute inscrit sur la verticale (fig. 1, 2, 3 et 4).

EXPÉRIENCE VII. — Chien de 20 kilogrammes. Anesthésié par la morphine. A jeun depuis vingt-quatre heures. Ligature du pylore et du col de la vésicule biliaire. Canules dans le canal cholédoque et le conduit de Wirsung.

TEMPS.	Débit de la bile de 5 en 5 minutes en centimètres cubes.	Débit du suc pancréatique de 5 en 5 minutes en gouttes.
11 ^h 00 à 11 ^h 05	0,20	—
11 05 à 11 10	0,30	4
11 10 à 11 15	0,20	—

TEMPS.	Débit de la bile de 5 en 5 minutes en centimètres cubes.	Débit du suc pancréatique de 5 en 5 minutes en gouttes.
à 11 ^h 15, injection de 20 centimètres cubes d'HCl à 5 ‰ dans le duodénum.		
11 ^h 15 à 11 ^h 20	0,30	3
11 20 à 11 25	4,60	35
11 25 à 11 30	4,50	20
11 30 à 11 35	4,20	9
11 35 à 11 40	4,0	6
11 40 à 11 45	0,70	3
11 45 à 11 50	0,55	1
11 50 à 11 55	0,40	—
11 55 à 12 00	0,30	—

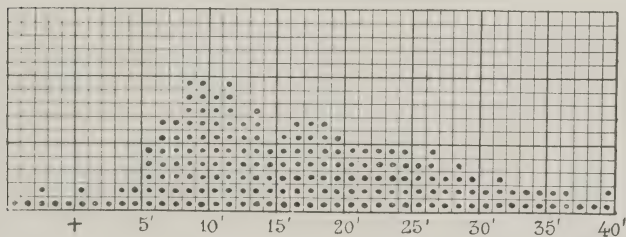


FIG. 1. — EXP. VII. Marche de la sécrétion biliaire. Le signe + indique le moment de l'introduction d'HCl dans le duodénum.

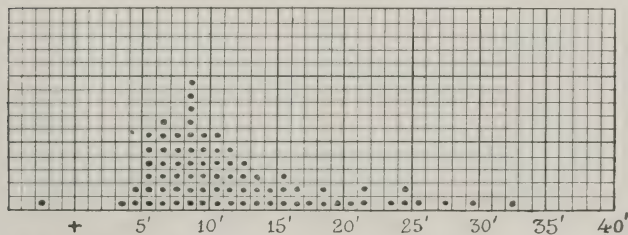


FIG. 2 — EXP. VII. Marche de la sécrétion pancréatique. Le signe + indique le moment de l'introduction d'HCl dans le duodénum.

EXPÉRIENCE VIII. — Chien de 8 kilogrammes. Préparé comme le précédent.

TEMPS.	Débit de la bile de 5 en 5 minutes en centimètres cubes.	Débit du suc pancréatique de 5 en 5 minutes en gouttes.
10 ^h 30 à 10 ^h 35	0,30	—
10 35 à 10 40	0,25	—
10 40 à 10 45	0,30	—
à 10 ^h 50, injection de 100 centimètres cubes d'HCl à 5 ‰ dans le duodénum.		
10 ^h 50 à 10 ^h 55	0,25	1
10 55 à 11 00	0,50	15
11 00 à 11 05	0,90	8
11 05 à 11 10	0,70	3
11 10 à 11 15	0,60	2
11 15 à 11 20	0,40	—
11 20 à 11 25	0,30	—

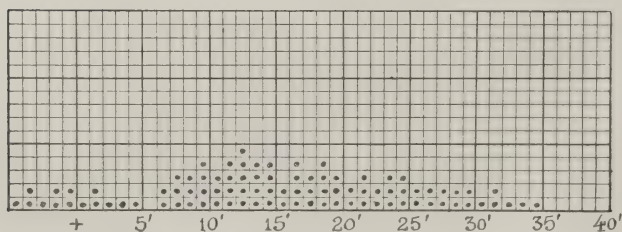


FIG. 3. — EXP. VIII. Marche de la sécrétion biliaire. Le signe + indique le moment de l'introduction d'HCl dans le duodénum.

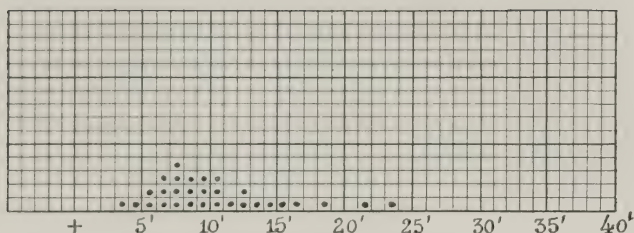


FIG. 4. — EXP. VIII. Marche de la sécrétion pancréatique. Le signe + indique le moment de l'introduction d'HCl dans le duodénum.

Nous nous sommes demandé si la dose d'HCl injectée dans l'intestin avait une influence sur l'accélération de la sécrétion biliaire. Les résultats assez contradictoires de nos expériences ne nous permettent pas de tirer de conclusion bien ferme à cet égard. Il nous a semblé cependant que chez des chiens de 15 à 20 kilogrammes, la dose qui est suivie du maximum d'effet est de 30 à 50 centimètres cubes d'HCl à 5 ‰. Des doses plus fortes n'ont pas, en général, un effet plus énergique; des doses plus faibles ont sur la sécrétion une action moins intense et de moindre durée, bien que cependant on observe déjà une accélération notable avec des doses de 5 centimètres cubes d'HCl.

Nous n'avons pas étudié si la concentration de la solution d'HCl avait une influence, voulant nous en tenir à une solution ayant la même acidité que le chyme stomacal du chien.

L'importance, la marche, la durée de l'accélération de la sécrétion biliaire après introduction d'HCl dans l'intestin étant établies, il reste à déterminer par quel mécanisme elle se produit.

Son parallélisme avec l'accélération de la sécrétion pancréatique provoquée par l'acide et son analogie avec l'accélération biliaire qui s'observe après injection intraveineuse de sécrétine nous avaient fait admettre antérieurement qu'il s'agissait d'un mécanisme humoral.

Au cours de nos expériences, nous avons eu, de plus, l'occasion de constater que les anesthésiques, tout au moins la morphine et le chloroforme à hautes doses, n'empêchaient pas l'action de l'HCl sur la sécrétion biliaire. Il était intéressant de rechercher si cette action se produirait encore après intoxication par le sulfate d'atropine qui paralyse, comme on sait, les filets excito-sécréteurs des glandes.

L'injection intraveineuse d'atropine, chez les chiens, est suivie d'une forte chute de la pression sanguine, qui se relève peu à peu, et d'une accélération de courte durée des sécrétions biliaire et pancréatique.

Avant d'introduire l'HCl dans le duodénum des chiens atropinisés, nous attendions que cette accélération eût cessé; en outre, nous nous assurions, par l'excitation électrique de la corde du tympan, que l'intoxication était suffisante.

L'empoisonnement par l'atropine n'empêche nullement l'action cholagogue de l'HCl introduit dans l'intestin. Nous avons injecté des doses très fortes de sulfate d'atropine, jusque 4 centigrammes par kilogramme d'animal, sans empêcher cette action. Voici les protocoles de deux de ces expériences :

EXPÉRIENCE IX. — Chien de 29 kilogrammes. A jeun depuis vingt-quatre heures. Anesthésié par injection de morphine. Respiration artificielle. Manomètre relié à la carotide. Canule dans le canal de

Warthon. Électrodes pour nerfs profonds appliquées sur la corde du tympan. Canule dans la veine crurale. Ligatures du pylore et du col de la vésicule biliaire. Canules dans le canal cholédoque et le conduit de Wirsung.

TEMPS.	Débit de la bile de 5 en 5 minutes en centimètres cubes.	Débit du suc pancréatique de 5 en 5 minutes en gouttes.
11 ^h 15 à 11 ^h 20	0,30	—
11 20 à 11 25	0,20	1
11 25 à 11 30	0,30	—
à 11 ^h 30, l'électrisation de la corde produit une belle sécrétion salivaire. Injection dans la crurale de 30 centimètres cubes d'une solution à 2 % de sulfate d'atropine.		
11 ^h 30 à 11 ^h 35	0,75	1
11 35 à 11 40	0,50	2
11 40 à 11 45	0,40	—
11 45 à 11 50	0,20	1
à 11 ^h 50, l'excitation de la corde ne produit aucune sécrétion salivaire. Injection de 30 centimètres cubes d'HCl à 5 % dans le duodénum.		
11 ^h 50 à 11 ^h 55	0,30	3
11 55 à 12 00	1,50	20
12 00 à 12 05	1,40	12
12 05 à 12 10	0,70	4
12 10 à 12 15	0,40	2
12 15 à 12 20	0,30	—

EXPÉRIENCE X. — Chien de 30 kilogrammes. Préparé comme le précédent.

TEMPS.	Débit de la bile de 5 en 5 minutes en centimètres cubes.	Débit du suc pancréatique de 5 en 5 minutes en gouttes.
10 ^h 30 à 10 ^h 35	0,30	—
10 35 à 10 40	0,25	—
10 40 à 10 45	0,40	—
à 10 ^h 45, l'excitation électrique de la corde produit une bonne sécrétion salivaire. Injection de 60 centimètres cubes d'une solution à 2 % de sulfate d'atropine.		
10 ^h 45 à 10 ^h 50	0,90	—
10 50 à 10 55	0,60	6
10 55 à 11 00	0,30	2
11 00 à 11 05	0,30	—
à 11 ^h 05, l'excitation de la corde est sans résultat. Injection de 80 centimètres cubes d'HCl à 5 ‰ dans le duo- dénium.		
11 ^h 05 à 11 ^h 10	0,40	4
11 10 à 11 15	1,60	14
11 15 à 11 20	1,60	17
11 20 à 11 25	1,40	16
11 25 à 11 30	1,10	8
11 30 à 11 35	0,60	3
11 35 à 11 40	0,30	2

La persistance de l'action cholagogue de l'HCl après atropinisation plaide en faveur de l'existence d'un mécanisme humoral.

Pour démontrer directement la réalité de ce mécanisme, nous avons recouru à l'énervation d'une anse intestinale et à la transfusion du sang.

Pour énerver une anse intestinale, on procède de la manière suivante : Le pylore et le col de la vésicule biliaire étant liés, on introduit une canule dans le canal cholédoque. On extrait ensuite de l'abdomen une partie du jéjunum, que l'on enveloppe de compresses trempées dans une solution chaude de NaCl à 9 ‰. On isole une anse du jéjunum en le sectionnant au thermocautère entre deux ligatures au voisinage de son origine et 30 ou 40 centimètres plus loin. On dénude alors soigneusement, sur une étendue de 1 à 2 centimètres, tous les vaisseaux partant de l'anse ainsi isolée et l'on coupe, avec des ciseaux fins, tout le tissu qui les entoure, y compris les filets nerveux. Pour détruire ceux de ces derniers qui auraient pu échapper à la section, on passe sur les vaisseaux dénudés un pinceau imbibé d'ammoniaque ; enfin, on déchire les feuilletts du mésentère compris entre ces vaisseaux. L'anse intestinale n'est plus rattachée à l'organisme du chien que par ses artères et ses veines.

Si l'on introduit dans une anse ainsi énervée une solution tiède d'HCl à 5 ‰, on observe après une courte période latente une accélération notable de la sécrétion biliaire. Nous avons répété onze fois cette expérience et obtenu sept fois un résultat positif. Les échecs s'expliquent par la longueur de l'opération et surtout le refroidissement inévitable des animaux (nous ne disposons pas de table chauffante).

Voici deux protocoles de ces expériences :

EXPÉRIENCE XI. — Chien de 15 kilogrammes. A jeun depuis vingt-quatre heures. Anesthésié par la morphine et le chloroforme. Ligature du pylore et du col de la vésicule biliaire. Canule dans le canal cholédoque. Section au thermocautère entre deux ligatures du jéjunum, au voisinage de la racine du mésentère et 40 centimètres plus loin. Énervation des vaisseaux et badigeonnage à l'H³N.

TEMPS.	Débit de la bile de 5 en 5 minutes en centimètres cubes.	TEMPS.	Débit de la bile de 5 en 5 minutes en centimètres cubes.
10 ^h 30 à 10 ^h 35	0,25	11 ^h 00 à 11 ^h 05	0,20
10 35 à 10 40	0,15	11 05 à 11 10	0,20
		11 10 à 11 15	0,15
A 10 ^h 40, injection de 40 c. c. d'HCl à 5 ‰ dans l'anse énnervée.		A 11 ^h 15, injection de 40 c. c. d'HCl à 5 ‰ dans le duodénum.	
10 ^h 40 à 10 ^h 45	0,15	11 ^h 15 à 11 ^h 20	0,40
10 45 à 10 50	0,35	11 20 à 11 25	0,90
10 50 à 10 55	0,50	11 25 à 11 30	0,60
10 55 à 11 00	0,30	11 30 à 11 35	0,20

EXPÉRIENCE XII. — Chien de 18 kilogrammes. Préparé comme le précédent.

TEMPS.	Débit de la bile de 5 en 5 minutes en centimètres cubes.	TEMPS.	Débit de la bile de 5 en 5 minutes en centimètres cubes.
4 ^h 10 à 4 ^h 15	0,30	A 4 ^h 50, injection de 15 c. c. d'HCl à 5 ‰ dans la portion suivante du jéjunum non énercée.	
4 15 à 4 20	0,30	4 ^h 50 à 4 ^h 55	0,30
A 4 ^h 20, injection de 15 c. c. d'HCl à 4 ‰ dans l'anse énercée.		4 55 à 5 00	0,50
4 ^h 20 à 4 ^h 25	0,30	5 00 à 5 05	0,45
4 25 à 4 30	0,50	5 05 à 5 10	0,40
		5 10 à 5 15	0,40
4 30 à 4 35	0,60	A 5 ^h 15, injection de 15 c. c. d'HCl à 5 ‰ dans le duodénum.	
4 35 à 4 40	0,50	5 ^h 15 à 5 ^h 20	0,50
4 40 à 4 45	0,40	5 20 à 5 25	0,70
4 45 à 4 50	0,30	5 25 à 5 30	0,80
		5 30 à 5 35	0,60
		5 35 à 5 40	0,40

Ces expériences d'anse intestinale énercée démontrent nettement l'existence d'un mécanisme humoral. Mais on pourrait, à la rigueur, leur objecter que l'énervation peut ne pas être complète, qu'il n'est pas impossible que quel-

ques filets nerveux échappent à la section ou résistent à l'action de l'ammoniaque.

C'est pour réfuter indirectement cette objection, que nous croyons du reste peu fondée, que nous avons recouru à la transfusion du sang.

Les expériences de transfusion de sang sont faites de la manière suivante : La veine porte ou une veine mésentérique d'un chien A est isolée et l'on place une canule munie d'un tube de caoutchouc dans le bout périphérique. On injecte alors une solution d'HCl à 5 ‰ dans l'intestin de ce chien et l'on recueille le sang veineux qui s'écoule par la canule. Ce sang est injecté lentement par une veine crurale à un autre chien B, dont on recueille la bile par une fistule du canal cholédoque. En même temps, le chien B est saigné par l'artère crurale d'une quantité de sang équivalente à celle qu'on lui injecte. Dans un certain nombre d'expériences, le sang du chien A était défibriné et filtré sur toile; dans d'autres expériences, le chien A avait reçu au préalable une injection d'extrait de têtes de sangsues; dans deux expériences enfin, le sang était simplement reçu dans une solution d'oxalate de soude en quantité suffisante pour empêcher la coagulation. Nous nous étions assuré, au préalable, que l'injection de sang additionné d'extrait de têtes de sangsues ou d'oxalate de soude aux doses employées n'avait en elle-même aucun effet sur la sécrétion de la bile.

Sur huit expériences de transfusion de sang défibriné, nous avons obtenu trois fois un résultat positif, c'est-à-dire une accélération manifeste de la sécrétion biliaire chez le chien transfusé. Le sang de sangsues nous a donné deux résultats positifs sur trois expériences; le sang oxalaté, un résultat positif sur deux expériences.

Voici trois protocoles de ces expériences :

EXPÉRIENCE XIII. — Chien A de 5 kilogrammes. Anesthésié par la morphine et le chloroforme. Isolement de la veine porte. Injection dans le duodénum de 100 centimètres cubes d'HCl à 5‰. Canule dans le bout périphérique de la veine porte. En quinze minutes, on recueille 140 centimètres cubes de sang, qui est défibriné à mesure, puis filtré sur toile et chauffé à 40°.

Chien B de 18 kilogrammes. A jeun depuis vingt-quatre heures. Anesthésié par la morphine et le chloroforme. Manomètre en rapport avec la carotide. Canules dans l'artère et la veine crurale gauches. Ligature du pylore et du col de la vésicule biliaire. Canule dans le canal cholédoque.

TEMPS.	Débit de la bile de 5 en 5 minutes en centimètres cubes.	TEMPS.	Débit de la bile de 5 en 5 minutes en centimètres cubes.
5 ^h 00 à 5 ^h 05	0,30	tère; la pression sanguine ne se modifie pas.	
5 05 à 5 10	0,30		
5 10 à 5 15	0,40	5 ^h 15 à 5 ^h 20	0,60
		5 20 à 5 25	0,80
		5 25 à 5 30	0,90
		5 30 à 5 35	0,60
		5 35 à 5 40	0,60
		5 40 à 5 45	0,50
A 5 ^h 15, injection dans la veine crurale de 140 c. c. du sang de A; en même temps, saignée équivalente par l'ar-			

EXPÉRIENCE XIV. — Chien A de 30 kilogrammes. Anesthésié par la morphine et le chloroforme. Isolement d'une veine mésentérique. Injection par la veine crurale d'une solution de soixante têtes de sangsues. Quinze minutes plus tard, injection de 100 centimètres cubes d'HCl à 5‰ dans l'intestin et introduction d'une canule dans le bout périphérique de la veine mésentérique isolée. On recueille, en quinze minutes, 250 centimètres cubes de sang veineux intestinal.

Chien B de 17 kilogrammes. A jeun depuis vingt-quatre heures. Anesthésié par la morphine et le chloroforme. Préparé comme le chien B de l'expérience XIII.

TEMPS.	Débit de la bile de 5 en 5 minutes en centimètres cubes.	TEMPS.	Débit de la bile de 5 en 5 minutes en centimètres cubes.
11 ^h 50 à 11 ^h 55	0,10	A 12 ^h 20, injection dans la veine crurale du sang de A. Saignée équivalente par l'artère.	
11 55 à 12 00	0,20		
12 00 à 12 05	0,15	12 ^h 20 à 12 ^h 25	0,15
12 05 à 12 10	0,12	12 25 à 12 30	0,40
12 10 à 12 15	0,10	12 30 à 12 35	0,30
12 15 à 12 20	0,10	12 35 à 12 40	0,20

EXPÉRIENCE XV. — Chien A de 19 kilogrammes. Anesthésié par la morphine et le chloroforme. Injection de 30 centimètres cubes d'HCl à 5‰ dans l'intestin et canule dans le bout périphérique d'une grosse veine mésentérique, qui fournit, en dix minutes, 200 centimètres cubes de sang. Celui-ci est reçu dans un vase contenant 10 centimètres cubes d'une solution d'oxalate de soude à 8‰.

Chien B de 15 kilogrammes. Préparé comme le chien B des expériences précédentes.

TEMPS.	Débit de la bile de 5 en 5 minutes en centimètres cubes.	TEMPS.	Débit de la bile de 5 en 5 minutes en centimètres cubes.
11 ^h 30 à 11 ^h 35	0,30	A 11 ^h 45, injection dans la veine crurale du sang de A. Saignée équivalente par l'artère.	
11 35 à 11 40	0,30		
11 40 à 11 45	0,35	11 ^h 45 à 11 ^h 50	0,20
		11 50 à 11 55	0,50
		11 55 à 12 00	0,40
		12 00 à 12 05	0,40
		12 05 à 12 10	0,25

Ces expériences de transfusion établissent nettement l'existence d'un mécanisme humoral dans l'action cholagogue de l'acide chlorhydrique introduit dans l'intestin. Elles n'excluent pas la participation d'un mécanisme réflexe.

CONCLUSIONS.

1° L'acide chlorhydrique n'exerce son action cholagogue qu'au niveau du duodénum et de la première portion du jéjunum.

2° Cette action n'est pas immédiate : elle est précédée d'une période latente d'une durée de trois à cinq minutes.

3° L'accélération de la sécrétion biliaire suit une marche parallèle à l'accélération de la sécrétion pancréatique. Elle atteint son maximum de la septième à la douzième minute après l'injection d'HCl, puis diminue progressivement jusqu'à la vingt-cinquième minute environ.

4° Le débit de la bile peut atteindre le quadruple de ce qu'il était avant l'injection.

5° L'action cholagogue n'est empêchée ni par les anesthésiques ni par l'atropine à haute dose.

6° Elle est due, tout au moins partiellement, sinon en totalité, à un mécanisme humoral, à la transformation au sein de la muqueuse duodéno-jéjunale de la prosécrétine en sécrétine, amenée au foie par voie sanguine.

EOCHELONE BRABANTICA, *Tortue marine nouvelle du Bruxellien (Éocène moyen) de la Belgique*; par Louis Dollo, Conservateur au Musée royal d'Histoire naturelle, à Bruxelles.

I. — INTRODUCTION.

I. — La *Faune belge* ne comprend plus, actuellement, de Chéloniens.

Mais il en était autrement au cours des âges géologiques. Presque tous nos terrains, du Wealdien au Pleistocène inclusivement, contiennent, en effet, des restes de Tortues, — terrestres, paludines, fluviatiles, marines, — plus ou moins parfaitement conservés.

II. — Nos *principaux gisements* sont :

1. Wealdien (Crétacé inférieur), dans le Hainaut;
2. Sénonien (Crétacé supérieur), dans le Hainaut;
5. Maestrichtien (Crétacé supérieur), dans le Limbourg;
4. Landénien (Éocène inférieur), dans le Hainaut;
5. Bruxellien (Éocène moyen), dans le Brabant;
6. Rupélien (Oligocène moyen), dans la province d'Anvers.

Et, de ces divers gisements, nous possédons des squelettes suffisamment complets pour nous permettre de caractériser rationnellement, c'est-à-dire morphologiquement, et dans leurs éléments essentiels (crâne et

mandibule, carapace et plastron, membres), la plupart des Chéloniens recueillis.

III. — Occupé à faire une révision des Tortues fossiles du Musée de Bruxelles, en vue de leur installation dans la Nouvelle Galerie (en construction) de l'Établissement, — je profite de cette circonstance pour réunir des matériaux bien définis, ostéologiquement et stratigraphiquement, sur ces Vertébrés disparus, — matériaux destinés, notamment, à mon mémoire, annoncé (1), sur la *Phylogénie des Chéloniens marins*.

Or, des six gisements principaux mentionnés ci-dessus, cinq (Sénonien, Maestrichtien, Landénien, Bruxellien, Rupélien) fournissent de riches documents pour l'histoire de l'Évolution des Tortues marines.

Et trois autres, — Turonien (Crétacé supérieur), Wemmelien (Éocène supérieur), Boldérien (Miocène supérieur), — ont, également, donné des pièces significatives dans le même sens.

(1) L. DOLLO, *Sur l'origine de la Tortue Luth (Dermochelys coriacea)*. BULL. SOC. SC. MÉD. ET NAT. BRUXELLES, 1901, p. 22.

— Pourquoi une *Phylogénie des Chéloniens marins*? Qu'attendre d'important de l'étude d'un groupe aussi spécialisé que celui des Tortues?

Les *Chéloniens*? Précisément parce que cet Ordre étant si nettement délimité, il est facile d'en éliminer sûrement les éléments étrangers. Point essentiel pour établir une Phylogénie.

Les *Chéloniens marins*? Parce que nous trouvons les matériaux de leur généalogie dans les terrains.

Or, là où il y a la possibilité de retracer une filiation, il y a également le moyen de rencontrer les *Lois générales de l'Évolution*, qui sont les mêmes partout.

Reste, enfin, l'intérêt particulier du sujet.

Ce qui porte à huit le nombre de nos Étages crétacés et tertiaires susceptibles d'intervenir, dès maintenant, dans la question qui nous intéresse.

IV. — Pour aujourd'hui, je me bornerai à traiter d'un nouveau Chélonien thécophore adapté à la Vie océanique, et auquel j'appliquerai le nom d'*Eochelone brabantica*.

Eochelone, dans le but de marquer qu'il est d'âge éocène : il provient de notre Bruxellien (Éocène moyen).

Brabantica, afin de rappeler la province dans laquelle il a été découvert.

V. — Ainsi que je l'exposerai plus loin, *Eochelone brabantica* est une Tortue marine extrêmement importante, — parce que la position et la structure de ses choanes nous expliquent l'origine des choanes, si singulières, de *Dermochelys coriacea*.

Et, de cette manière, nous aident à nous rendre compte de la façon dont les Chéloniens athèques sont sortis des Chéloniens thécophores marins (1).

II. — EOCHELONE BRABANTICA.

I. Diagnose. — 1. CRANE. Tête, grosse, déprimée, aux mâchoires triangulaires et tranchantes. — Orbites, latérales. — Voûte palatine, excavée comme chez *Thalassochelys*, mince, sans crêtes osseuses. — Choanes, très antérieures, et du type de *Dermochelys*.

(1) Conformément aux idées du regretté Georges Baur, auxquelles je me suis rallié, — et que j'ai même développées [L. DOLLO, *Tortue Luth*, etc. Voir, plus haut, p. 793, note (1)], — après que leur auteur eut renoncé à la théorie de la délamination, que j'avais combattue.

2. MANDIBULE. Symphyse, très courte, lisse, et dont la face supérieure fuit rapidement en arrière et vers le bas. — Pas de surface masticatoire. Pas de crêtes osseuses, transversales ou longitudinales. — Bord supérieur, simplement tranchant, et indiquant un bec recourbé comme chez *Eretmochelys*.

3. CARAPACE. Un peu plus allongée que chez *Chelone*, *Eretmochelys*, *Thalassochelys*. Moins arquée, notamment en travers. Pas de carènes, même centrale, et, non plus, chez les petits individus. Contour, à peine cordiforme. Échancrure nuchale, du type d'*Eretmochelys*, non de *Thalassochelys*, et plus forte que chez *Chelone*. — Carapace, beaucoup plus mince que chez *Chelone*, *Eretmochelys*, *Thalassochelys*. Fontanelles, beaucoup plus grandes. — Huitième paire de plaques costales, sans suture intercostale : donc, comme chez *Chelone* et *Eretmochelys*, non *Thalassochelys*. — Trois plaques pygales. — Plaques marginales, entières, sans le ressaut de *Thalassochelys*; pourtant, quelques-unes, derrière, avec saillie pointue comme chez *Macroclommys*, mais à l'état rudimentaire; antérieures plus étroites, et postérieures plus larges, que chez *Chelone*, rappelant *Eretmochelys*. — Quatre paires d'écussons (cornés) costaux.

4. PLASTRON. Interclavicule, du type de *Thalassochelys*, mais moins rétrécie postérieurement. — Clavicules, du même modèle, mais plus étroites vers la suture interclaviculaire. — Hyoplastrons et hypoplastrons, multidigités, en dedans et en dehors. Pont hyohypoplastral, resserré, transversalement, par rapport à *Chelone*, *Eretmochelys*, *Thalassochelys*. — Xiphiplastrons, sans longue suture interxiphiplastrale, et unis par quelques digitations, comme chez *Chelone*, *Eretmochelys*, *Thalassochelys*. —

Fontanelle médiane, presque divisée en trois (antérieure + centrale + postérieure) par les digitations hyoplastrales et hypoplastrales internes. — Fontanelles latérales, larges.

5. MEMBRES. Fémur, plus long, par rapport à l'humérus, que chez *Chelone*, *Dermochelys*, *Eretmochelys*, mais plus court que chez *Thalassochelys*. — Humérus, thalassique, mais ayant encore gardé des caractères thalassoïdes (moins plat que chez les Thécophores marins actuels; plus étroit, au-dessous de la crête radiale; celle-ci, moins éloignée, moins détachée de la tête de l'os, moins différenciée dans le sens thalassique; canal ectépicondylien, situé plus haut et plus latéralement; etc.). — Fémur, thalassique, mais ayant encore gardé des caractères thalassoïdes (tête, ovale, à grand axe dans la direction longitudinale de l'os; celui-ci, plus contracté, au-dessous des crêtes tibiale et péronéale, que dans les Thécophores marins actuels; crête péronéale, débordant encore en dehors de la tête du fémur, encore nettement séparée de la crête tibiale par une forte échancrure, et moins refoulée vers celle-ci; etc.). — Un seul ongle connu (par la phalange correspondante) : celui du pouce, plus court, plus large, plus plat et plus tranchant que l'ongle homologue de *Chelone*, *Eretmochelys*, *Thalassochelys*.

II. Gisement. — Grès calcaireux de la partie supérieure de l'Étage bruxellien (Éocène moyen).

Étage bruxellien = Facies littoral (Sédiments déposés au fond d'un golfe). — Couches à *Ostrea cymbula* et à *Lucina Volderiana* (celle-ci, seulement sur le bord Est du golfe).

Ces données stratigraphiques m'ont été fournies par M. A. Rutot, Conservateur au Musée, qui, comme on le

sait, s'est fait, depuis de longues années, une spécialité de l'étude des Terrains tertiaires inférieurs de la Belgique.

III. Localités. — Le Musée de Bruxelles possède des restes de sept individus d'*Eochelone brabantica*, provenant, tous, de la province de Brabant :

1. *Saint-Remy-Geest*, près de Gobertange, arrondissement de Nivelles. — N° 1661 du Registre des Ossements fossiles.

Crâne et Mandibule, Carapace et Plastron, Membres. — Longueur de la carapace : 0^m,71.

2. *Melsbroeck*, près de Vilvorde, arrondissement de Bruxelles. — N° 1662 du Registre des Ossements fossiles.

Crâne et Mandibule, Carapace et Plastron, Membres. — Longueur de la carapace : 0^m,56.

3. *Loupoigne*, près de Genappe, arrondissement de Nivelles. — N° 1688 du Registre des Ossements fossiles.

Crâne, Carapace et Plastron, Membres. — Longueur de la carapace : 0^m,57.

4. *Loupoigne*, près de Genappe, arrondissement de Nivelles. — N° 1691 du Registre des Ossements fossiles.

Carapace et Plastron, Membres. — Longueur de la carapace : 0^m,54.

5. *Loupoigne*, près de Genappe, arrondissement de Nivelles. — N° 1692 du Registre des Ossements fossiles.

Carapace et Plastron, Membres. — Très incomplet.

6. *Nivelles*. — N° 1693 du Registre des Ossements fossiles.

Carapace et Plastron. — Longueur de la carapace : 0^m,58.

7. *Loupoigne*, près de Genappe, arrondissement de Nivelles. — N° 5907 du Registre des Ossements fossiles. Crâne. — Pièce isolée.

IV. Dimensions. — Voici les dimensions maxima de quelques parties essentielles du Type d'*Eochelone brabantica* :

	Millimètres.
Longueur du crâne	140
Largeur du crâne	120
Longueur de la carapace.	710
Largeur de la carapace	540
Longueur de l'humérus	139
Longueur du fémur	105

V. Type. — Conservé au Musée de Bruxelles, sous le n° 1661 du Registre des Ossements fossiles.

VI. Systématique. — 1. **TOXOCHELYS ET DESMATOCHELYS.** Les deux seuls Chéloniens auxquels il soit utile de comparer, ici, *Eochelone*, au point de vue systématique, sont *Toxochelys* (1) et *Desmatochelys* (2).

En effet, ces deux Thécophores marins ont, en com-

(1) E. D. COPE, *The Vertebrata of the Cretaceous Formations of the West*. REP. U. S. GEOL. SURV. TERRIT., vol. II. Washington, 1875, p. 98.

— O. P. HAY, *On the Skeleton of Toxochelys latiremis*. FIELD COLUMBIAN MUSEUM PUBLICATIONS. ZOOLOGICAL SERIES, vol. I. Chicago, 1896, p. 101.

— E. C. CASE, *Toxochelys*. UNIV. GEOL. SURV. KANSAS, vol. IV. Topeka, 1898, p. 370.

— G. R. WIELAND, *Notes on the Cretaceous Turtles, Toxochelys and Archelon, with a Classification of the Marine Testudinata*. AMER. JOURN. SCIENC., vol. XIV. New-Haven, 1902, p. 95.

(2) S. W. WILLISTON, *Desmatochelys Lowii*. UNIV. GEOL. SURV. KANSAS, vol. IV. Topeka, 1898, p. 353.

mun avec *Eochelone*, la symphyse mandibulaire très courte, ainsi que la position et la structure des choanes.

Or, sans vouloir examiner, pour le moment, si ces concordances sont le fait de l'Hérédité ou de l'Adaptation, si elles sont un signe de Parenté ou si elles marquent seulement un nouveau cas de Convergence, — ce dont nous nous occuperons plus loin, — il y a lieu d'établir l'autonomie du genre *Eochelone*.

Car, en présence du nombre croissant des Thécophores marins fossiles, des coupes génériques sont nécessaires. Il n'est plus possible de se contenter, comme jadis, de les incorporer, tous, dans le genre *Chelone*. — C'est, d'ailleurs, cette manière d'agir du passé qui a retardé notre connaissance de la Phylogénie du groupe entier. On regardait les formes disparues comme de simples espèces sans intérêt, ou d'un intérêt tout à fait secondaire. Avec les coupes génériques, on est obligé de considérer les adaptations au milieu, les lignes de descendance. D'où le progrès, à condition de ne fonder que des genres bien définis, reposant sur des bases rationnelles. C'est à quoi nous nous efforçons d'atteindre dans cette note. — Enfin, les caractères ostéologiques justifient ces créations taxonomiques. Je l'ai démontré, il y a quinze ans (1), pour

(1) L. DOLLO, *Première note sur les Chéloniens landéniens (Éocène inférieur) de la Belgique*. BULL. MUS. ROY. HIST. NAT. BELG., vol. IV. Bruxelles, 1886, p. 129.

— L. DOLLO, *On some Belgian Fossil Reptiles*. GEOLOGICAL MAGAZINE, vol. IV. Londres, 1887, p. 393.

— L. DOLLO, *Sur le genre Euclastes*. ANN. SOC. GÉOL. NORD, vol. XV. Lille, 1888, p. 114.

— L. DOLLO, *On the Humerus of Euclastes*. GEOLOGICAL MAGAZINE, vol. V. Londres, 1888, p. 261.

le genre *Lytoloma*, par exemple, et mes conclusions ont été confirmées, depuis, par M. R. Lydekker (1), Membre de la Société royale de Londres.

2. EOCHELONE ET TOXOCHELYS. Les points suivants séparent, nettement, *Toxochelys* d'*Eochelone* :

1. *Mandibule* : Une surface masticatoire, plate et étroite. — Pas de bord tranchant. — Pas de bec recourbé.

2. *Carapace* : Plaques costales et plaques pygales, beaucoup plus réduites. — Plaques marginales, découpées comme chez *Thalassochelys*.

3. *Membres* : Humérus, thalassoïde, rappelant *Lytoloma*. — Fémur, thalassoïde, avec crête tibiale située plus haut par rapport à la tête de l'os, et indépendante de la crête péronéale.

4. *Gisement* : Niobrara (Sénonien inférieur) (2).

3. EOCHELONE ET DESMATOCHELYS. De même, les points suivants séparent, nettement, *Desmatochelys* d'*Eochelone* :

1. *Crâne* : Allongé, à contour parabolique, avec ailes squamosales aussi fortement prolongées en arrière que la crête susoccipitale, les ailes et la crête étant séparées par

(1) R. LYDEKKER, *On Remains of Eocene and Mesozoic Chelonia and a Tooth of (?) Ornithopsis*. QUART. JOURN. GEOL. SOC. LONDON, vol. XLV. Londres, 1889, p. 233.

— R. LYDEKKER, *On a Skull of the Chelonian Genus Lytoloma*. PROC. ZOOLOG. SOC. LONDON. Londres, 1889, p. 60.

— R. LYDEKKER, *Cat. Foss. Rept. and Amphib. Brit. Mus.*, part III. Londres, 1889, p. 51.

(2) A. DE LAPPARENT, *Traité de Géologie*, 4^e éd. Paris, 1900, p. 1375.

de profondes échancrures. — Nasaux, libres. — Trous palatins, présents. — Pas de traces d'écussons cornés.

2. *Carapace* : Face externe, avec de nombreuses petites fossettes, mais pas d'indications d'écussons cornés.

3. *Membres* : Humérus, thalassique, à extrémité proximale énormément développée, avec axe longitudinal de la crête cubitale parallèle, et axe longitudinal de la crête radiale perpendiculaire, à l'axe longitudinal de l'os.

4. *Gisement* : Benton (Turonien) (1).

—

SUR L'ÉVOLUTION DES CHÉLONIENS MARINS (*Considérations bionomiques et phylogéniques*); par Louis Dollo, Conservateur au Musée royal d'Histoire naturelle, à Bruxelles.

Comme suite à ma description d'*Eochelone brabantica*, je désirerais soumettre à l'Académie quelques considérations de nature, selon moi, à bien montrer l'intérêt et la signification de la nouvelle Tortue éocène.

Ces considérations se rapportent, — à l'Origine de la Tortue Luth (*Dermochelys coriacea*), — à l'explication de l'Ostéologie des Chéloniens marins par la Myologie et l'Éthologie, — à un essai de reconstitution de l'Éthologie des formes fossiles, — à des questions de Distribution géographique et stratigraphique, — à la Classification des Tortues de Mer, — aux Lois générales de l'Évolution.

(1) A. DE LAPPARENT, *Traité*, etc., p. 1362.

I. Mâchoires et Alimentation. — 1. CORRÉLATIONS. Il y a cinq Chéloniens marins dont nous pouvons considérer le régime alimentaire comme connu, quoique des observations nouvelles sur ce sujet soient bien désirables au point de vue de la précision.

En attendant mieux, il me paraît déjà possible de mettre la donnée éthologique (1) prémentionnée en rapport avec la nature des mâchoires. Car, *a priori*, il doit y avoir une relation entre les deux.

I. Mandibules. — Définissons, d'abord, les mandibules; ordonnant suivant les longueurs croissantes de la symphyse, nous aurons :

1. *Dermochelys*. Symphyse, extraordinairement courte. — Pas de surface masticatoire. Pas de crêtes osseuses, transversales ou longitudinales. — Bord supérieur, simplement tranchant, et se relevant, à la symphyse, en un bec recourbé.

2. *Chelone*. Symphyse, courte. — Large surface masticatoire, atteignant presque le sommet de l'apophyse coronoïde. Une crête osseuse transversale, divisant ladite surface en deux régions : une antérieure, plus large, déclive en avant, partagée en deux moitiés symétriques par une crête longitudinale symphysienne bordée de dépressions profondes; et une postérieure, plus étroite, sensiblement horizontale et à peu près plate. — Bord supérieur (externe), dentelé, et se relevant, à la symphyse, en un bec recourbé rudimentaire.

3. *Eretmochelys*. Symphyse, longue. — Surface masti-

(1) Bionomie = Éthologie + Chorologie; Chorologie = Biostratigraphie + Biogéographie.

catoire, assez large et presque entièrement cantonnée dans la partie symphysienne. Une crête osseuse transversale, divisant ladite surface en deux régions : une antérieure, concave et comprenant à peu près toute la surface masticatoire ; et une postérieure, triangulaire, très restreinte et décline en arrière. — Bord supérieur (externe), tranchant, et se relevant, à la symphyse, en un bec recourbé peu accusé.

4. *Thalassochelys*. Symphyse, très longue. — Surface masticatoire, large, presque entièrement cantonnée dans la partie symphysienne, et légèrement concave. Pas de crêtes osseuses, transversales ou longitudinales. — Bord supérieur (externe), tranchant, et se relevant, à la symphyse, en un bec recourbé.

5. *Lytoloma*. Symphyse, extraordinairement longue, se prolongeant au delà de l'apophyse coronoïde. — Surface masticatoire, énorme, uniquement formée de la région symphysienne, et plate. Pas de crêtes osseuses, transversales ou longitudinales. — Bord supérieur (externe), non tranchant, et ne se relevant pas, à la symphyse, en un bec recourbé, même rudimentaire.

II. Régimes alimentaires. — Comparons, maintenant, dans le même ordre, les régimes alimentaires; nous obtiendrons :

1. *Dermochelys*. Carnivore : Méduses, *Hyperia* (1).

2. *Chelone*. Herbivore : Algues, *Zostera* (2).

(1) L. VAILLANT, *Remarques sur l'appareil digestif et le mode d'alimentation de la Tortue luth.* C. R. ACAD. SCIENC., vol. CXXIII. Paris, 1896, p. 654.

(2) J. WALTHER, *Einleitung in die Geologie als historische Wissenschaft.* Iéna, 1893-1894, p. 144.

3. *Eretmochelys*. Carnivore : *Verella* (1), — mais, aussi, gros Lamellibranches (2).

4. *Thalassochelys*. Carnivore : Méduses, *Hyalæa*, *Hyperia*, *Nautilograpsus*, *Lepas*, *Nerophis* (3), — mais, aussi, gros *Strombus* (4).

5. *Lytoloma*. Carnivore : *Ostrea* (5).

III. Cas typiques. — Il résulte de ce qui précède que nous avons, chez les Chéloniens marins dont il a été question ci-dessus, trois régimes alimentaires typiques, auxquels correspondent trois mandibules typiques :

1. Carnivore malacophage (6). — *Dermochelys*. — Symphyse, extraordinairement courte. Pas de surface masticatoire. Bord supérieur, simplement tranchant.

2. Carnivore conchifrage (7). — *Lytoloma*. — Symphyse, extraordinairement longue. Surface masticatoire, énorme, mais sans crêtes osseuses. Pas de bord supérieur tranchant.

3. Herbivore. — *Chelone*. — Symphyse, courte. Sur-

(1) T. H. TIZARD, H. N. MOSELEY, J. Y. BUCHANAN and J. MURRAY, *Narrative of the Cruise of H. M. S. Challenger*, vol. I, part I. Édimbourg, 1885, p. 169.

(2) A. E. BREHM, *Tierleben*. O. BOETTGER und M. E. PECHUEL-LOESCHE, *Kriechtiere und Lurche*. Leipzig, 1892, p. 604.

(3) G. POUCHET et J. DE GUERNE, *Sur l'alimentation des Tortues marines*. C. R. ACAD. SCIENC., vol. CII. Paris, 1886, p. 877.

(4) G. B. GOODE, *The Fisheries and Fishery Industries of the United States*. F. W. TRUE, *The Useful Aquatic Reptiles and Batrachians of the United States*. Washington, 1884, p. 148.

(5) DOLLO, *Chéloniens landéniens*, etc., p. 139.

(6) Dans le sens étymologique primitif du mot ; c'est-à-dire : qui se nourrit de proies molles.

(7) Dans le sens : qui se nourrit de proies dures, à broyer ; plus particulièrement, d'animaux à coquille épaisse.

face masticatoire, large et sillonnée de multiples crêtes osseuses. Bord supérieur, dentelé.

Eretmochelys et *Thalassochelys* occupent, au point de vue éthologique, comme au point de vue de la nature de leur mandibule, une position intermédiaire entre *Dermochelys* et *Lytoloma*, mais se rapprochent davantage de ce dernier genre.

2. EOCHELONE. Par sa symphyse, très courte, — par son absence de surface masticatoire, — et par son bord supérieur, simplement tranchant, — la mandibule d'*Eochelone* se rattache au type de *Dermochelys*.

Il est donc possible de déterminer l'adaptation à laquelle elle correspond : le régime alimentaire carnivore malacophage.

Comme les caractères de *Dermochelys*, dans cette direction, sont plus accusés que ceux d'*Eochelone*, celui-ci vient encore s'intercaler, toujours au point de vue éthologique (nourriture) et au point de vue de la nature de sa mandibule, entre *Dermochelys* et *Lytoloma*, mais dans le voisinage du premier de ces deux genres.

3. CHELONE. I. — Nous avons, à l'état fossile, des mâchoires de Chéloniens marins :

1. Du type de *Dermochelys*. — Ex. : *Psephophorus*.

2. Du type d'*Eretmochelys*. — Ex. : *Proeretmochelys* (1).

5. Du type de *Thalassochelys*. — Ex. : *Lytoloma*.

Mais je ne sache pas qu'on ait recueilli, jusqu'à présent, de mâchoires de Chéloniens marins fossiles qui

(1) R. LYDEKKER, *Eocene and Mesozoic Chelonia*, etc., p. 231.

Proeretmochelys, Dollo, 1903 = *Chelone Jessoii*, Lydekker, 1889.

soient, véritablement, du type de *Chelone* (= *Chelone mydas*), tel qu'il a été défini plus haut (p. 802).

II. — Je suis porté à en conclure que nous ne connaissons pas, actuellement, de vrais *Chelone* fossiles, — si on conserve, pour *Chelone imbricata*, le genre *Eretmochelys*, ce que justifient, à mon avis, des études ostéologiques approfondies.

Ce serait donc très abusivement qu'on applique, si fréquemment, le nom générique de *Chelone* aux Thécophores marins fossiles.

III. — Il semblerait, aussi, d'après ce que je viens de dire, que le genre *Chelone* est, géologiquement, d'origine toute récente, car, s'il en était autrement, pourquoi ne le rencontre-t-on pas dans les terrains?

Et que l'adaptation des Thécophores marins au régime herbivore est, elle-même, toute récente, et, par conséquent, secondaire.

Ceci ne doit pas nous surprendre.

En premier lieu, parce que *Chelone* (= *Chelone mydas*) est le plus spécialisé des Thécophores marins actuels (museau raccourci et à contour parabolique; bec recourbé rudimentaire, et dentelures du bord supérieur de la mandibule; crêtes masticatoires multiples; — fontanelles de la carapace, et carènes atrophiées de celle-ci chez le jeune; — humérus et fémur, plus thalassiques; un seul ongle).

Et, en second lieu, parce que le régime herbivore est réparti sporadiquement parmi les Chéloniens, entre des formes n'ayant aucune connexion génétique directe, et qui n'ont, dès lors, pu l'acquérir qu'indépendamment et secondairement.

Exemples, outre *Chelone* (= *Chelone mydas*) :

1. *Testudinidæ* (1).

Genre le moins spécialisé, tortue paludine : *Emys* (2) (carnivore); genres les plus spécialisés dans la direction terrestre : *Testudo* (5) (herbivore), *Cinixys* (4) (herbivore); genre le plus spécialisé dans la direction fluviale : *Batagur* (5) (herbivore).

2. *Pleurodères*.

Tortues aquatiques et carnivores, sauf deux spécialisations isolées (6); vie dans les mares des forêts inondées du bassin de l'Amazonie : *Podocnemis* (7) (herbivore); vie terrestre : *Miolania* (8) (herbivore).

4. LONGUES SYMPHYSES : PRIMITIVES OU SECONDAIRES?

I. — En ce qui concerne la symphyse mandibulaire,

(1) G. A. BOULENGER, *Catalogue of the Chelonians, Rhynchocephalians, and Crocodiles in the British Museum*. Londres, 1889, p. 48.

(2) H. GADOW, *Amphibia and Reptiles (Cambridge Natural History)*. Londres, 1901, p. 352.

(3) H. GADOW, *Amphibia and Reptiles*, etc., p. 365.

(4) H. GADOW, *Amphibia and Reptiles*, etc., p. 365.

— O. BOETTGER und M. E. PECHUEL-LOESCHE, *Kriechtiere und Lurche*, etc., p. 576.

(5) G. A. BOULENGER, *Reptilia and Batrachia (Fauna of British India)*. Londres, 1890, p. 37.

(6) G. A. BOULENGER, *On the Systematic Position of the Genus Miolania, Owen (Ceratochelys, Huxley)*. PROC. ZOOL. SOC. LONDON. Londres, 1887, p. 554.

(7) H. W. BATES, *The Naturalist on the River Amazons*, 6^e édit. Londres, 1891, p. 285.

— H. GADOW, *Amphibia and Reptiles*, etc., p. 397.

(8) T. H. HUXLEY, *Preliminary Note on the Fossil Remains of a Chelonian Reptile, Ceratochelys sthenurus, from Lord Howe's Island, Australia*. PROC. ROY. SOC. LONDON, vol. XLII. Londres, 1887, p. 232.

— G. A. BOULENGER, *Miolania*, etc., p. 554.

— A. S. WOODWARD, *On some Extinct Reptiles from Patagonia, of the Genera Miolania, Dinilysia, and Genyodectes*. PROC. ZOOL. SOC. LONDON. Londres, 1901, vol. I, p. 170.

nous pouvons grouper les Chéloniens marins suffisamment bien définis de la manière suivante :

SYMPHYSES MANDIBULAIRES.	
I. — COURTES.	II. — LONGUES.
1. <i>Chelone</i> . — Courte (1).	1. <i>Eretmochelys</i> . — Longue (9).
2. <i>Allopleuron</i> . — Courte (2).	2. <i>Argillochelys</i> . — Longue (10).
3. <i>Eochelone</i> . — Très courte (3).	3. <i>Protostega</i> . — Longue (11).
4. <i>Toxochelys</i> . — Très courte (4).	4. <i>Archelon</i> . — Longue (12).
5. <i>Desmatochelys</i> . — Très courte (5).	5. <i>Thalassochelys</i> . — Très longue (13).
6. <i>Eosphargis</i> . — Extr. courte (6).	6. <i>Colpochelys</i> . — ? Très longue (14).
7. <i>Psephophorus</i> . — Extr. courte (7).	7. <i>Proeretmochelys</i> . — Très longue (15).
8. <i>Dermochelys</i> . — Extr. courte (8).	8. <i>Lytoloma</i> . — Extr. longue (16).

(1) G. A. BOULENGER, *Catalogue*, etc., p. 182.

(2) R. LYDEKKER, *Catalogue*, etc., III, p. 30.

(3) Voir, plus haut, p. 795.

(4) Voir, plus haut, p. 798, note (1).

(5) S. W. WILLISTON, *Desmatochelys*, pl. LXXIV.

(6) R. LYDEKKER, *Catalogue*, etc., III, p. 226.

(7) Observation inédite.

(8) G. A. BOULENGER, *Catalogue*, etc., p. 7.

(9) G. A. BOULENGER, *Catalogue*, etc., p. 183.

(10) R. LYDEKKER, *Catalogue*, etc., III, p. 40.

(11) E. C. CASE, *On the Osteology and Relationships of Protostega*. JOURNAL OF MORPHOLOGY, vol. XIV. Boston, 1897, pl. V, fig. 8.

(12) G. R. WIELAND, *The Skull, Pelvis, and Probable Relationships of the Huge Turtles of the Genus Archelon from the Fort Pierre Cretaceous of South Dakota*. AMER. JOURN. SCIENC., vol. IX. New-Haven, 1900, p. 246.

(13) G. A. BOULENGER, *Catalogue*, etc., p. 185.

(14) Supposée ainsi parce que M. G. A. Boulenger, Senior Assistant au British Museum, place *Colpochelys* dans le genre *Thalassochelys* (G. A. BOULENGER, *Catalogue*, etc., p. 186).

Il serait très intéressant d'avoir une ostéologie détaillée, avec figures, de cette espèce.

(15) R. LYDEKKER, *Eocene and Mesozoic Chelonia*, etc., p. 232.

(16) L. DOLLÉ, *Chéloniens landéniens*, etc., p. 134.

II. — Quel est, maintenant, le type primitif de la symphyse mandibulaire chez les Chéloniens marins?

Les courtes symphyses sont-elles de longues symphyses raccourcies? — Les longues symphyses sont-elles de courtes symphyses allongées? — Ou les Chéloniens marins ont-ils commencé, simultanément, par des formes à courte symphyse et par des formes à longue symphyse?

Dans l'état présent de nos connaissances, il semble, plutôt, que les Chéloniens marins ont débuté par des formes à longue symphyse, et que les formes à courte symphyse sont des formes à symphyse raccourcie.

Et voici pourquoi.

III. — D'abord, les plus anciens Chéloniens marins recueillis sont à longue symphyse mandibulaire, et même de deux façons différentes :

1. Très longue, avec une crête transversale, du modèle d'*Eretmochelys* :

Proeretmochelys. — Cénomanien (1).

2. Extraordinairement longue, sans crête transversale, du modèle de *Thalassochelys* :

Lytoloma. — Cénomanien (2).

Chronologiquement (d'après ce qu'on sait aujourd'hui), le Chélonien marin à longue symphyse est donc plus ancien que le Chélonien marin à courte symphyse.

IV. — Ensuite, nous devons nous représenter les phases éthologiques successives de l'adaptation des Thécophores à la Vie marine par le tableau ci-après :

(1) R. LYDEKKER, *Eocene and Mesozoic Chelonia*, etc., p. 232. *Proeretmochelys*, Dollo, 1903 = *Chelone Jessoni*, Lydekker, 1889.

(2) R. LYDEKKER, *Eocene and Mesozoic Chelonia*, etc., p. 234.

PHYLOGÉNIE.	EXEMPLES.	VIE.	MILIEU.	MIGRATIONS.	RÉGIME.
Thalassites (1). ↑	<i>Chelone.</i>	Aquatique. ↑	Mer.	Hémipélagique (6). ↑	Herbivore. ↑
Thalassoides (2). ↑	<i>Lytoloma.</i>	Aquatique. ↑	Mer.	Infralittorale (7). ↑	Carnivore. ↑
Thalassémydes (3). ↑	<i>Acichetyls</i> (5).	Amphibie. ↑	Mer.	Supralittorale (8). ↑	Carnivore. ↑
Elodites (4).	<i>Emys.</i>	Amphibie.	Eau douce.	Paladine (9).	Carnivore.

(4) Tortues marines à humérus thalassique, c'est-à-dire vivant dans la Zone pélagique.

(2) Tortues marines à humérus thalassoides, c'est-à-dire vivant dans la Sous-zone infralittorale.

(3) Tortues marines à humérus chélicoïde, c'est-à-dire vivant dans la Sous-zone supralittorale.

(4) Tortues paladines à humérus chélique, c'est-à-dire vivant dans les Mares.

(5) *Acichetyls* = *Eurysternum*.

— K. A. ZITTEL, *Bemerkungen über die Schildkröten der lithographischen Schiefer in Bayern*. PALAEONTOGRAPHICA, vol. XXIV. Cassel, 1876-1877, p. 175.

— R. LYDEKKER, *Catalogue*, etc., III, p. 158.

(6) C'est-à-dire Animaux pélagiques qui ne passent pas leur existence entière dans la Zone pélagique, mais reviennent périodiquement au rivage.

— H. N. MOSELEY, *Pelagic Life*. NATURE, vol. XXVI. Londres, 1882, p. 560.

(7) Partie de la Zone littorale au delà de la région du balancement des Marées.

(8) Partie de la Zone littorale située dans la région du balancement des Marées.

(9) Mares.

Nous partons donc d'une Tortue carnivore quittant les mœurs paludines pour les mœurs océaniques.

Elle rencontre, alors, dans la Zone littorale, une proie abondante et facile à capturer : les Animaux lourds, à grosse coquille ou à carapace épaisse (1).

D'où transformation des mâchoires pour broyer : large surface masticatoire, qui réclame une longue symphyse mandibulaire. — Ex. : *Lytoloma*. — Régime conchifrage : origine des longues symphyses.

Plus tard, par une meilleure adaptation à la Vie marine, poursuite des Animaux légers (sans grosse coquille, ni carapace épaisse) (2) : perte de l'appareil broyeur (réduction de la surface masticatoire, raccourcissement de la symphyse mandibulaire, qui n'est courte, cette fois, que secondairement) :

1. Dans la Zone littorale. — Ex. : *Toxochelys*. — Régime malacophage littoral : première origine des courtes symphyses secondaires.

2. Dans la Zone pélagique. — Ex. : *Dermochelys*. — Régime malacophage pélagique (3) : deuxième origine des courtes symphyses secondaires.

(1) H. N. MOSELEY, *The Fauna of the Sea-Shore*. NATURE, vol. XXXII. Londres, 1885, p. 417.

(2) Pourquoi ce changement de régime? Il n'est pas facile, pour le moment, d'en déterminer la cause d'une manière précise. Peut-être, parce que les Conchifrages devinrent trop nombreux à un instant donné. Peut-être, parce que le régime conchifrage était devenu funeste aux Thécophores marins dans leurs rapports avec leurs ennemis. D'autres hypothèses sont possibles encore.

En tous cas, si on admet le changement de régime, bien des choses s'expliquent. Autrement, non.

(3) Conséquence de la nature de la Faune pélagique.

« Probably all hard shells and skeletons of marine invertebrata

Ainsi s'expliquerait que, — chez les Chéloniens marins, — la longue symphyse mandibulaire est la plus ancienne, la plus primitive, — la courte symphyse, au contraire, plus récente et secondaire.

Ce que confirme l'étude des Choanes, comme nous le montrerons plus loin.

V. — D'ailleurs, chez les Thalassémydes, — formes ancestrales des Chéloniens marins infralittoraux ou pélagiques (1), et qui vivaient, en amphibies, au bord de l'Océan, — la symphyse mandibulaire est aussi très longue, — puisque, chez *Acichelys* (= *Eurysternum*) (2), elle est, au moins, aussi longue que chez *Thalassochelys*, — ce qui conduit à supposer un régime conchifrage, bien en harmonie avec le milieu.

Encore un fait en faveur du caractère primitif des

have thus originated in the littoral zone for purposes such as these. It is found that these hard structures tend to degenerate and disappear both in the pelagic and deep-sea regions. » (H. N. MOSELEY, *Fauna of the Sea-Shore*, etc., p. 417.)

(1) L. RÜTIMEYER, *Die fossilen Schildkröten von Solothurn und der übrigen Juraformation*. NEUE DENKSCHRIFTEN D. ALLGEM. SCHWEIZ. GESELLS. D. GESAMMT. NATURWISS., vol. XXV. Zürich, 1873, p. 165.

— L. RÜTIMEYER, *Ueber den Bau von Schale und Schädel bei lebenden und fossilen Schildkröten*. VERHANDL. D. NATURFORSCH. GESELLSCH. I. BASEL, vol. VI. Bâle, 1874-1878, pp. 126 et 130.

— K. A. ZITTEL, *Schildkröten des lithographischen Schiefers*, etc., p. 176.

— E. FRAAS, *Thalassemys marina*, E. Fraas, aus dem oberen weissen Jura von Schnaitheim, nebst Bemerkungen über die Stammesgeschichte der Schildkröten. JAHRESHEFTE D. VEREINS F. VATERL. NATURKUNDE I. WÜRTEMBERG. Stuttgart, 1903, p. 72.

(2) K. A. ZITTEL, *Schildkröten des lithographischen Schiefers*, etc., pl. XXVII.

longues symphyses mandibulaires chez les Thécophores marins.

VI. — Est-ce à dire que ceux-ci aient eu, tous, au début, la symphyse extraordinairement longue de *Lytoloma*?

Je ne le crois pas.

En premier lieu, parce que les plus anciens Chéloniens marins connus nous offrent deux types de longue symphyse mandibulaire, dont l'un (*Proeretmochelys*) a déjà pu donner naissance, par réduction de la région postérieure de sa surface masticatoire, à *Eretmochelys* lui-même, et peut-être à d'autres Thalassites.

Et, en second lieu, parce que *Lytoloma* est un de ces types extrêmement spécialisés, très perfectionnés pour leur mode particulier d'existence, mais qui, en raison même de ce que, chez eux, tout est sacrifié à un but trop précis, ont perdu la plasticité nécessaire pour évoluer encore. Selon moi, *Lytoloma* est le genre terminal d'un rameau latéral, éteint sans laisser de descendance.

Nouvelle preuve que « l'Évolution est limitée » (1). Puisque ce sont les Organismes dont la structure répond le plus étroitement à une adaptation déterminée qui disparaissent sans successeurs.

Le cas est fréquent au cours des âges géologiques. Nous avons encore des Chéloniens (2), des Crocodiliens (3),

(1) L. DOLLO, *Les lois de l'Évolution*. BULL. SOC. BELG. GÉOL., vol. VII, Bruxelles, 1893, p. 165.

(2) Types très spécialisés disparus : *Lytoloma*, *Miolania*.

(3) Types très spécialisés disparus : *Dacosaurus*, *Geosaurus* (E. FRAAS, *Die Meer-Crocodilier (Thalattosuchia) des oberen Jura*. PALEONTOGRAPHICA, vol. XLIX. Stuttgart, 1902).

des Lacertiliens, et même des Rhynchocéphaliens (1), — mais nous n'avons plus de Dinosauriens, d'Ichthyosauriens, de Plésiosauriens, de Mosasauriens et de Ptérosaurs.

D'autre part, on ne voit pas que, dans les terrains, *Lytoloma* se soit continué sous aucune forme.

II. Mâchoires et Choanes. — **1. CHOANES PRIMITIVES.** — La position primitive des choanes, chez les Reptiles, est une position très antérieure :

1. Parce que les types archaïques (*Sphenodon*) nous la montrent ainsi, et qu'il ne nous est pas permis de penser, ici, à un « *Chevauchement des Spécialisations* » (2), attendu que les choanes ne se déplacent pas en avant pendant l'ontogénie (3).

2. Parce que, quand les choanes sont situées en arrière, plus ou moins loin dans la direction de l'occiput, il est toujours possible de voir que c'est là une position secondaire, et on peut même déterminer à quelle adaptation cette structure répond.

2. CHOANES POSTÉRIEURES. — Voici quelques-unes des

(1) Type très spécialisé disparu : *Champsosaurus* (L. DOLLO, *Nouvelle note sur le Champsosaure, Rhynchocéphalien adapté à la vie fluviatile*. BULL. SOC. BELG. GÉOL., vol. V. Bruxelles, 1891).

(2) L. DOLLO, *Sur la Phylogénie des Dipneustes*. BULL. SOC. BELG. GÉOL., vol. IX. Bruxelles, 1895, p. 88.

(3) G. B. HOWES and H. H. SWINNERTON, *On the Development of the Skeleton of the Tuatara, Sphenodon punctatus; with Remarks on the Egg, on the Hatching, and on the Hatched Young*. TRANS. ZOOL. SOC. LONDON, vol. XVI. Londres, 1901, pl. III, fig. 12, et pl. IV, fig. 6.

adaptations qui ont provoqué la formation de choanes postérieures :

1. *Vie aquatique*. — Exemple : *Crocodiliens eusuchiens* (1).

2. *Mastication*. — Exemple : *Lytoloma* (2).

5. *Allaitement*. — Exemple : *Mammifères* (3).

4. *Myrmécophagie*. — Exemples : *Echidna* (4), *Myrmecobius* (5), *Myrmecophaga* (6).

3. CHOANES ET MASTICATION. — La troisième et la quatrième sont étrangères à la question qui nous occupe.

Mais je vais établir, à présent, que, chez les Chéloniens marins, ce n'est pas l'adaptation à la vie aquatique qui a amené les choanes à être postérieures, là où elles le sont. Et que c'est, au contraire, une transformation de l'appareil masticatoire.

1. Si c'était la vie aquatique qui avait donné naissance au recul des choanes, — alors *Dermochelys*, — le Chélo-

(1) T. H. HUXLEY, *On Stagonolepis Robertsoni, and on the Evolution of the Crocodilia*. QUART. JOURN. GEOL. SOC. LONDON, vol. XXXI. Londres, 1875, p. 437.

— R. OWEN, *On the Influence of the Advent of a higher Form of Life in modifying the Structure of an older and lower Form*. QUART. JOURN. GEOL. SOC. LONDON, vol. XXXIV. Londres, 1878, p. 423.

(2) L. DOLLO, *Chéloniens landéniens*, etc., p. 137.

— R. LYDEKKER, *On a Skull*, etc., pl. VI.

(3) L. DOLLO, *Champsosaures*, etc., p. 22.

(4) W. H. FLOWER, *An Introduction to the Osteology of the Mammalia*, 3^e édit. (H. Gadow). Londres, 1885, p. 242.

(5) O. THOMAS, *Catalogue of the Marsupialia and Monotremata in the British Museum*. Londres, 1888, p. 311.

(6) W. H. FLOWER, *An Introduction*, etc., p. 230.

— L. DOLLO, *Champsosaures*, etc., p. 22.

nien le plus profondément adapté à ce genre de vie, — aurait les choanes les plus avancées vers l'occiput.

Or, de tous les Chéloniens marins connus, c'est *Dermochelys* qui a les choanes les plus antérieures (1).

2. Il y a une relation entre la position des choanes et la longueur de la symphyse mandibulaire.

Quand la *symphyse mandibulaire* est *très courte*, les choanes ont une position *très antérieure*. — Exemples : Athèques (*Dermochelys*) (2) + Thécophores [Cryptodères (*Chelydra* (3) + *Desmatochelys* (4) + *Eochelone* (5) + *Toxochelys* (6)) + Pleurodères (*Podocnemis* (7))].

Quand la *symphyse mandibulaire* est *très longue*, les choanes ont une position *très postérieure*. — Exemples : Thécophores [Cryptodères (*Lytoloma* (8)) + Pleurodères (*Stereogenys* (9))].

Quand la *symphyse mandibulaire* est *intermédiaire*, les

(1) G. A. BOULENGER, *Catalogue*, etc., p. 9.

(2) G. A. BOULENGER, *Catalogue*, etc., pp. 7 et 9.

(3) G. A. BOULENGER, *Catalogue*, etc., p. 21.

(4) S. W. WILLISTON, *Desmatochelys*, etc., p. 356.

(5) Voir, plus haut, p. 794.

(6) O. P. HAY, *Toxochelys*, etc., p. 102.

(7) G. A. BOULENGER, *Catalogue*, etc., p. 200.

(8) L. DOLLO, *Chéloniens landéniens*, etc., p. 137.

— R. LYDEKKER, *On a Skull*, etc., pl. VI.

(9) C. W. ANDREWS, *Preliminary Note on some Recently Discovered Extinct Vertebrates from Egypt. Part II.* GEOLOGICAL MAGAZINE, vol. VIII. Londres, 1901, p. 442.

Contrairement à ce que dit l'auteur, le palais et la mandibule de *Stereogenys* ont leur équivalent exact dans les Cryptodères, chez *Lytoloma* (L. DOLLO, *Chéloniens landéniens*, etc., p. 134; R. LYDEKKER, *On a Skull*, etc., pl. VI), qui est un cas de parallélisme frappant avec le Pleurodère éocène moyen de l'Égypte.

Stereogenys était, sans doute, un Pleurodère marin littoral et conchifrage.

choanes ont une position *intermédiaire*. — Exemples : Thécophores marins [*Chelone* (1) + *Eretmochelys* (2) + *Thalassochelys* (3)].

Ce qui se comprend, car, autrement, la symphyse mandibulaire couvrirait les choanes lorsque la bouche est fermée, et gênerait la respiration.

Mais la longueur de la symphyse mandibulaire est, à son tour, en relation avec le régime alimentaire : très courte, régime malacophage ; très longue, régime conchifrage ; intermédiaire, régime intermédiaire.

La position des choanes dépend donc de la longueur de la symphyse mandibulaire, qui dépend elle-même du régime.

C'est, par conséquent, l'adaptation, plus ou moins prononcée, au régime conchifrage, et la transformation de l'appareil masticatoire qui en est sortie, qui a déterminé le recul des choanes, là où elles ont reculé.

4. CHOANES ANTÉRIEURES, PRIMITIVES ET SECONDAIRES.

I. — Quant aux *choanes très antérieures*, elles ne sont pas toutes morphologiquement équivalentes.

En effet, nous en avons de deux types chez les Chéloniens :

1. Ou leur *bord externe* est formé entièrement par le *Susmaxillaire* jusqu'au Vomer :

Exemples : *Chelydra* (4), *Emys* (5).

(1) T. H. HUXLEY, *A Manual of the Anatomy of Vertebrated Animals*. Londres, 1871, p. 205, fig. 67.

(2) G. A. BOULENGER, *Catalogue*, etc., p. 181, fig. 45.

(3) H. GADOW, *Amphibia and Reptiles*, etc., p. 379, fig. 84.

(4) G. A. BOULENGER, *Catalogue*, etc., p. 21, fig. 3.

(5) L. H. BOJANUS, *Anatome Testudinis Europaeae*. Vilna, 1819-1821, pl. X, fig. 25A.

2. Ou leur *bord externe* est formé entièrement par le *Palatin* jusqu'au *Vomer* :

Exemples : *Dermochelys* (1), *Eochelone* (2), *Toxochelys* (3).

II. — Quelle est la signification de ces *deux types* de choanes très antérieures ?

1. Le *premier*, c'est le *type primitif* :

Par les Chéloniens mêmes chez lesquels nous le rencontrons, Chéloniens qui sont des Tortues primitives par rapport aux Chéloniens marins :

Parce que c'est celui de *Sphenodon*, Reptile archaïque, et dont nous avons vu que les choanes ne constituaient pas un cas de Chevauchement des Spécialisations.

2. Le *deuxième*, c'est le *type secondaire* :

Car c'est celui des choanes postérieures [*Chelone* (4)]

(1) La chose est extrêmement nette sur le squelette du Musée de Bruxelles (n° 1586, du *Registre des Reptiles*).

Aussi suis-je convaincu que si, dans les figures de Paul Gervais [P. GERVAIS, *Ostéologie du Sphargis Luth* (*Sphargis coriacea*). NOUV. ARCH. MUS. HIST. NAT. PARIS, vol. VIII. Paris, 1872, pl. V, fig. 2 c, et VIII, fig. 1 a, c], de M. G. A. Boulenger (G. A. BOULENGER, *Catalogue*, etc., p. 9, fig. 1) et de M. J. F. Van Bemmelen, Professeur au Gymnase de La Haye (J. F. VAN BEMMELEN, *Bemerkungen über den Schädelbau von Dermochelys coriacea*. FESTSCHRIFT F. CARL GEGENBAUR. Leipzig, 1896, pl. I, fig. 1), les Palatins sont représentés comme n'atteignant pas le Vomer en avant, c'est que leur pointe antérieure, très délicate, a été perdue lors de la préparation des squelettes de Paris, de Londres et de Leyde.

(2) Voir, plus haut, p. 794.

(3) O. P. HAY, *Toxochelys*, etc., p. 104.

— E. C. CASE, *Toxochelys*, etc., pl. LXXIX.

(4) J. F. VAN BEMMELEN, *Dermochelys*, etc., pl. I, fig. 3.

+ *Eretmochelys* (1) + *Thalassochelys* (2)], qui sont elles-mêmes secondaires, et dont la structure est une conséquence directe de la position (3).

III. — Quelle est l'origine de ces choanes très antérieures secondaires ?

Elle est facile à saisir.

1. Les choanes postérieures sont une adaptation au régime conchifrage.

2. Si, maintenant, des Chéloniens marins conchifrages viennent à prendre, dans la Zone littorale ou dans la Zone pélagique, le régime malacophage, l'appareil masticatoire va changer, — la symphyse mandibulaire, notamment, se raccourcira, — et les choanes retourneront en avant, secondairement, — mais en conservant la structure de choanes postérieures.

3. Il est, d'ailleurs, aisé de constater que, si on refoule, mécaniquement, en avant, les limites des choanes postérieures des Thécophores marins actuels, on obtient, précisément, la disposition réalisée chez *Dermochelys*, *Eocheilone* et *Toxochelys*.

IV. — Donc : l'Évolution est irréversible (4).

Car, si les Thécophores marins arrivent à retrouver des

(1) G. A. BOULENGER, *Catalogue*, etc., p. 181, fig. 45.

(2) H. GADOW, *Amphibia and Reptiles*, etc., p. 379, fig. 84.

(3) Nous trouvons encore nos deux types de choanes chez les Rhynchocéphaliens :

1. Avec bord externe susmaxillaire : *Sphenodon*.

2. Avec bord externe palatin : *Champsosaurus*.

Or, il n'y a pas le moindre doute que *Sphenodon* représente le type primitif ; et *Champsosaurus*, le type secondaire (L. DOLLO, *Champsosauure*, etc., pl. VI, fig. 1).

(4) L. DOLLO, *Lois de l'Évolution*, etc., p. 165.

choanes très antérieures, ils n'arrivent pas à les retrouver avec leur structure primitive.

Il y a réversibilité fonctionnelle, ou physiologique. Il n'y a pas réversibilité de structure, ou morphologique.

V. — Et : *l'Évolution est limitée* (1).

Car nous remarquons bien que des choanes postérieures telles que celles de *Chelone*, *Eretmochelys*, *Thalassochelys*, donnent naissance à des choanes très antérieures secondaires, à diverses reprises (*Dermochelys*, *Eochelone*, *Toxochelys*).

Mais nous n'observons pas que des choanes postérieures aussi spécialisées que celles de *Lytoloma* (2) aient produit des choanes très antérieures secondaires, — qui auraient été si simples à reconnaître à leur suture interpalatine préchoanienne, — et cela quoique *Lytoloma* existe depuis le Cénomanien.

Les types trop spécialisés disparaissent sans laisser de descendance. Ils n'ont plus la plasticité requise pour continuer à évoluer. L'Évolution est limitée.

5. LONGUES SYMPHYSES : PRIMITIVES OU SECONDAIRES ?

I. — Nous avons deux sortes de Chéloniens marins :

1. Ceux à choanes postérieures :

Exemples : *Chelone*, *Eretmochelys*, *Thalassochelys*, *Lytoloma*.

2. Ceux à choanes antérieures :

Exemples : *Dermochelys*, *Eochelone*, *Toxochelys*.

(1) L. DOLLO, *Lois de l'Évolution*, etc., p. 165.

(2) R. LYDEKKER, *On a Skull*, etc., pl. VI.

II. — Mais ceux qui ont des choanes antérieures n'ont que des choanes antérieures secondaires.

Qui supposent, par conséquent, des ancêtres à choanes postérieures.

Tous les Chéloniens marins auraient donc commencé par avoir des choanes postérieures, — donc, de longues symphyses mandibulaires, — résultat auquel nous sommes déjà arrivés, plus haut, par une autre voie (1).

6. DERMOCHELYS. I. — *Dermochelys* a des choanes très antérieures secondaires.

Qui supposent, par conséquent, aussi, des ancêtres à choanes postérieures.

Donc, des ancêtres dont la voûte palatine devait être constituée comme celle des Thécophores marins actuels.

Nouvelle raison pour considérer les Athèques comme des Thécophores marins transformés, et très spécialisés (2).

II. — Et ce qui démontre que la connexion que nous établissons entre les choanes des Thécophores marins actuels et celles de *Dermochelys* n'est pas une simple vue de l'esprit, — c'est que nous connaissons, à présent, des Thécophores marins éteints à choanes très antérieures secondaires du type de *Dermochelys* : *Eochelone* (3) (tortue nouvelle décrite dans la précédente note) et *Toxo-*

(1) Voir, plus haut, p. 809.

(2) G. BAUR, *Die systematische Stellung von Dermochelys*, *Blainv. BIOLOGISCHES CENTRALBLATT*, vol. IX. Erlangen, 1889, p. 191.

— L. DOLLO, *Tortue Luth*, etc., p. 20.

(3) Voir, plus haut, p. 794.

chelys (1) (pour laquelle la chose n'avait pas encore été remarquée).

7. CHELYDRA ET TOXOCHELYS. I. — M. O. P. Hay, Conservateur suppléant au Musée américain d'Histoire naturelle, à New-York, écrit (2) :

« In short, I conclude that *Toxochelys* is related both to the *Chelydridæ* and the *Chelonidæ*, but that the relationship is much closer to the last named family, and with the carnivorous division of this family, *Thalassochelys*, etc. »

II. — Je ne pense pas que *Toxochelys* occupe une position intermédiaire entre les *Chelydridæ* et les *Chelonidæ* :

1. D'abord, parce que, comme M. Hay l'a très bien vu lui-même (3), les *Chelonidæ* typiques avaient déjà fait leur apparition à l'époque où vécut *Toxochelys* (Sénonien inférieur).

2. Sans parler de la question des vertèbres caudales, et de bien d'autres points, les choanes de *Toxochelys* ne sont pas intermédiaires entre celles de *Chelydra* et celles des Thécophores marins actuels.

Mais elles ont dépassé le stade d'évolution représenté par ces dernières.

Car ce sont des choanes antérieures secondaires, c'est-à-dire retournées en avant après avoir passé par la phase de choanes postérieures.

III. — Il est, au surplus, facile de constater que les

(1) E. C. CASE, *Toxochelys*, etc., pl. LXXIX.

(2) O. P. HAY, *Toxochelys*, etc., p. 106.

(3) O. P. HAY, *Toxochelys*, etc., p. 106.

choanes de *Toxochelys* ne sont pas un acheminement vers les choanes de *Thalassochelys*, par exemple, en partant de *Chelydra*.

Car, si on ferme le palais osseux de *Chelydra* (1) pour obtenir des choanes postérieures, au début, et pendant assez longtemps, les nouvelles choanes restent bordées extérieurement par les Susmaxillaires.

Et ce n'est que quand les choanes ont déjà beaucoup reculé, que les Palatins viennent former leur bord externe. Or, elles ont cessé, alors, d'être des choanes antérieures.

A plus forte raison est-il impossible de réaliser de cette manière (qui a servi à produire les choanes des Thécopores marins actuels) des choanes très antérieures bordées extérieurement par les Palatins.

C'est-à-dire les choanes de *Toxochelys* (2), qui ne sont donc pas intermédiaires entre celles de *Chelydra* et celles de *Thalassochelys* (3).

IV. — Non. De même que les choanes de *Lytoloma* (4) sont des choanes *ultrathalassochélyennes*, dans le sens de l'*Évolution progressive*, — de même les choanes de *Toxochelys* sont des choanes *ultrathalassochélyennes*, dans le sens de l'*Évolution régressive* (5).

(1) G. A. BOULENGER, *Catalogue*, etc., p. 21, fig. 3.

(2) E. C. CASE, *Toxochelys*, etc., pl. LXXIX.

(3) H. GADOW, *Amphibia and Reptiles*, etc., p. 379, fig. 84.

(4) R. LYDEKKER, *On a Skull*, etc., pl. VI.

(5) « Cependant, il faut envisager aussi l'*évolution régressive*, qui est fréquente. » L. DOLLO, *Dipneustes*, etc., p. 90.

« Il n'y a pas d'*Évolution régressive des Organismes*, mais seulement une *Évolution régressive des Organes*.

» L'évolution d'un Organisme n'est, en effet, ni progressive, ni

8. RELATIONS DES CHÉLONIENS MARINS A CHOANES TRÈS ANTÉRIEURES. I. — Les Thécophores marins à choanes très antérieures ne peuvent donc pas s'intercaler entre les *Chelydridæ* et les *Chelonidæ*, — car ce que nous venons de dire s'applique aussi bien à *Eochelone* qu'à *Toxochelys*.

II. — Mais quelles relations faut-il établir entre les Chéloniens marins à choanes très antérieures actuellement connus?

Une connexion génétique directe? Ou sont-ce, simplement, des cas de convergence dus à des adaptations indépendantes de Chéloniens marins conchifrages au régime malacophage?

III. — Examinons, chronologiquement, la série des formes publiées :

1. *Dermochelys* (1). — Holocène. — Humérus parathalassique.

2. *Psephophorus* (2). — Éocène moyen à Pliocène moyen. — Humérus parathalassique.

régressive : c'est une suite d'*Adaptations*. » L. DOLLO, *Macrurus Lecointei*, Poisson abyssal nouveau, recueilli par l'Expédition Antartique belge. BULL. ACAD. ROY. BELG. SCIENCES. 1900, p. 394.

(1) G. R. WIELAND, *Observations on certain Well-Marked Stages in the Evolution of the Testudinate Humerus*. AMER. JOURN. SCIENC., vol. IX. New-Haven, 1900, p. 421, fig. 21.

(2) G. R. WIELAND, *Observations*, etc., p. 421, fig. 20.

— L. DOLLO, *Première note sur les Chéloniens oligocènes et néogènes de la Belgique*. BULL. MUS. ROY. HIST. NAT. BELG., vol. V. Bruxelles, 1888, p. 59.

— R. LYDEKKER, *Catalogue*, etc., III, p. 224.

— G. W. ANDREWS, *Preliminary Note*, etc., p. 440.

5. *Eochelone* (1). — Éocène moyen. — Humérus thalassique, mais avec restes de caractères thalassoïdes.

4. *Eosphargis* (2). — Éocène inférieur. — Humérus parathalassique.

3. *Toxochelys* (3). — Sénonien inférieur. — Humérus thalassoïde.

6. *Desmatochelys* (4). — Turonien. — Humérus thalassique.

IV. — Ce n'est pas, là, une série phylogénique.

1. Car *Toxochelys* ne provient pas de *Desmatochelys*, plus spécialisé que lui. — Ni *Eochelone* de *Toxochelys*, pour la même raison (carapace plus réduite chez celui-ci).

2. Mais il ne serait pas impossible qu'on eût :

Toxochelys → *Eosphargis* → *Psephophorus* → *Dermochelys*.

Dans le premier cas, — *Desmatochelys*, *Toxochelys*, *Eochelone*, — la concordance, dans la présence de choanes très antérieures, résulte de l'Adaptation (Convergence).

Dans le second, — *Toxochelys*, *Eosphargis*, *Psephophorus*, *Dermochelys*, — elle aurait sa source dans l'Hérédité (Parenté).

V. — *Desmatochelys*, *Toxochelys*, *Eochelone* sont, dès lors, des types qui sont sortis, isolément, à diverses époques, des Thécophores marins conchifrages, par l'adoption du régime malacophage, dans la Zone litto-

(1) Voir, plus haut, p. 796.

(2) R. LYDEKKER, *Catalogue*, etc., III, p. 225.

(3) G. R. WIELAND, *Toxochelys and Archelon*, etc., p. 96.

(4) G. R. WIELAND, *Observations*, etc., p. 419, fig. 13.

rale ou dans la Zone pélagique, — et qui ont, tous, disparu aujourd'hui, soit en s'éteignant (*Eochelone*), soit en donnant naissance aux Athèques (? *Toxochelys*).

VI. — Puisque les choanes très antérieures ne sont pas un signe de Parenté entre ces Chéloniens, — en d'autres termes, puisque *Desmatochelys*, *Toxochelys*, *Eochelone* forment un groupe polyphylétique, — il n'y a pas lieu de les réunir en une famille, — mais il faudra les laisser, chacun, avec les Thécophores marins à choanes postérieures auxquels ils correspondent, — leurs véritables Ancêtres.

III. Humérus et Fémur : Adaptations à la Vie océanique. — 1. HUMÉRUS. I. — En 1888 (1), j'ai esquissé une étude comparée de l'humérus des Chéloniens, afin de déterminer la *signification de l'humérus de Psephophorus*.

Je me suis efforcé, notamment, de mettre en évidence le rôle *physiologique* de certaines *structures anatomiques* (2), c'est-à-dire d'expliquer l'*Ostéologie* des Reptiles fossiles par la *Myologie*, comme je l'avais déjà fait antérieurement (3).

(1) L. DOLLO, *Chéloniens oligocènes et néogènes*, etc., p. 78 et pl. IV, fig. 1 à 5.

(2) L. DOLLO, *Chéloniens oligocènes et néogènes*, etc., p. 79 et pl. IV, fig. 6.

(3) L. DOLLO, *Note sur la présence chez les Oiseaux du « Troisième Trochanter » des Dinosauriens et sur la fonction de celui-ci*. BULL. MUS. ROY. HIST. NAT. BELG., vol. II. Bruxelles, 1883, pp. 13-20 et pl. I.

— L. DOLLO, *Cinquième note sur les Dinosauriens de Bernissart*.

II. — La même année (1), j'ai repris cette étude, afin de déterminer la *signification de l'humérus de Lytoloma*.

Et, cette fois, j'ai essayé d'établir des relations entre les *mœurs* et la *structure anatomique* (2), c'est-à-dire d'expliquer l'*Ostéologie* de certains Vertébrés fossiles par l'*Éthologie*, comme je l'ai fait, aussi, ultérieurement (5).

III. — Écarté du sujet, par d'autres travaux du Musée et par mon Enseignement, j'ai dû, pendant longtemps, abandonner la question.

Il y a trois ans (4), M. G. R. Wieland, du Yale Museum, New-Haven (États-Unis), l'a abordée (5), à son tour, et l'a développée. Il y a même ajouté une terminologie que j'ai adoptée ici, parce qu'elle me paraît appropriée.

Elle traduit, en effet, dans ses dénominations, les rapports de l'Ostéologie et de l'Éthologie. C'est, justement, mon point de vue.

BULL. MUS. ROY. HIST. NAT. BELG., vol. III. Bruxelles, 1884, pp. 136-146 et pl. VI.

— L. DOLLO, *Sur la signification du « Trochanter pendant » des Dinosauriens*. BULL. SCIENT. GIARD, vol. XIX. Paris, 1888, pp. 215-224 et 6 fig. texte.

(1) L. DOLLO, *Humerus of Euclastes*, etc., p. 261.

(2) L. DOLLO, *Humerus of Euclastes*, etc., p. 267.

(3) L. DOLLO, *Dipneustes*, etc., p. 98.

— L. DOLLO, *Tortue Luth*, etc., p. 4.

(4) G. R. WIELAND, *Observations*, etc., p. 413.

(5) « The humerus of *Lytoloma* which has been made the subject of a suggestive paper by Dollo may be cited. He holds this form to be essentially « chelydroid », a view which is in the main concurred here. » G. R. WIELAND, *Observations*, etc., p. 417.

La voici, avec indication des milieux, et des exemples pour l'illustrer :

HUMÉRUS.	EXEMPLES.	HABITAT.
1. Parachélique.	1. <i>Testudo</i> .	1. Terrestre.
2. Chélique.	2. <i>Emys</i> .	2. Palustre.
3. Chélicoïde.	3. <i>Acichelys</i> .	3. Supralittoral.
4. Thalassoïde.	4. <i>Lytoloma</i> .	4. Infralittoral.
5. Thalassique.	5. <i>Chelone</i> .	5. Hémipélagique.
6. Parathalassique.	6. <i>Dermochelys</i> .	6. Quasipélagique.

IV. — Dans mon mémoire sur la *Phylogénie des Chéloniens marins*, je reviendrai, d'une manière approfondie, sur l'*humérus* des Tortues, tant en ce qui regarde l'*Ostéologie* qu'en ce qui concerne la *Myologie* et l'*Éthologie*.

On peut apercevoir, immédiatement, par un cas isolé, l'intérêt de ces recherches.

Ainsi, quand on passe de l'humérus chélique à l'humérus parathalassique, — pour prendre les deux termes les plus caractérisés d'une même série, — le *développement* et la *migration distale* de la *crête radiale* sont une conséquence de l'*adaptation à la Vie pélagique*.

Car cette crête est le lieu d'insertion de trois muscles (1) : Deltoïde + Suscoracoïdien + Pectoral.

(1) M. FÜRBRINGER, *Zur vergleichenden Anatomie der Schultermuskeln*. JENAISCHE ZEITSCHRIFT F. NATURWISSENSCHAFT, vol. VIII. Iéna, 1874, p. 175.

Or :

1. Plus ces muscles sont forts, plus la crête radiale est développée ;

2. Mais, aussi, plus la crête radiale est située distalement, et plus l'effet de ces muscles est puissant dans la Natation.

Les plus parfaits nageurs doivent donc avoir la plus forte crête radiale, et aussi la crête radiale située le plus distalement, — et c'est ce qui arrive, en réalité, puisque c'est ce qu'on observe chez les Chéloniens les plus pélagiques, notamment *Dermochelys* (1).

V. — Comparons, maintenant, les *humérus* des *Théophores marins à choanes très antérieures* ; nous aurons :

1. *Toxochelys*. — Humérus thalassoïde.

2. *Eochelone*. — Humérus thalassique, avec restes de caractères thalassoïdes.

3. *Desmatochelys*. — Humérus thalassique.

A cause des relations entre la nature de l'humérus et l'habitat, nous devons en conclure :

1. *Toxochelys*. — Infralittoral, comme *Lytoloma*.

2. *Eochelone*. — Pélagique, mais moins que *Chelone*.

3. *Desmatochelys*. — Pélagique.

VI. — Mais la carapace d'*Eochelone* (2) est plus réduite, en épaisseur et en surface osseuse, que celle de *Chelone*. — Et la carapace de *Toxochelys* (3) est, à son tour, plus réduite que celle d'*Eochelone*.

(1) L. DOLLO, *Chéloniens oligocènes et néogènes*, etc., pl. IV, fig. 2.

(2) Voir, plus haut, p. 795.

(3) E. C. CASE, *Toxochelys*, etc., pl. LXXXIII.

Or, la réduction de la carapace est une adaptation à la Vie océanique (1).

Par conséquent, — *Toxochelys* et *Eochelone*, moins adaptés que *Chelone* à la Vie océanique, en ce qui concerne l'humérus, — le sont davantage, au contraire, en ce qui regarde la carapace.

Encore un cas de *Chevauchement des Spécialisations* (2).

VII. — Quelle est sa signification?

Il est bien vrai que nous avons, dans la Mer (3) :

1. Zone littorale;
2. Zone pélagique;
3. Zone abyssale.

Mais nous avons aussi (4) :

Halobiontes de la Zone littorale :

1. Benthos littoral,
2. Plancton néritique,
3. Necton littoral.

Or, *Lytoloma*, — par sa grosse et lourde tête, par sa carapace plus ossifiée que celle des Thécophores marins actuels, et par son régime conchifrage, — indique un animal lourd et lent, — *un chasseur de Benthos sessile*.

Et, *Toxochelys*, — par sa tête moins massive, par sa carapace moins ossifiée que celle des Thécophores marins actuels, et par son régime malacophage, — indique un

(1) H. N. MOSELEY, *Fauna of the Sea-Shore*, etc., p. 417.

(2) L. DOLLO, *Dipneustes*, etc., p. 88.

(3) H. N. MOSELEY, *Fauna of the Sea-Shore*, etc., p. 417.

— C. CHUN, *Aus den Tiefen des Weltmeeres*. Iéna, 1900, p. 472.

(4) J. WALTHER, *Einleitung*, etc., p. 16.

animal plus léger et plus agile, — *un chasseur de Necton littoral* (littoral, à cause de l'humérus thalassoïde).

Eochelone, — pour les mêmes raisons, — aussi *un chasseur de Necton*, — mais, à cause de l'humérus thalassique, un chasseur de Necton qui s'éloignait déjà vers la haute Mer.

Ainsi s'expliquerait la contradiction apparente entre l'adaptation de l'humérus et l'adaptation de la carapace chez *Toxochelys* : la nécessité d'être léger et agile, dans la Zone littorale, pour s'emparer des proies légères et agiles (régime malacophage), sans posséder, pourtant, la faculté de natation, en quelque sorte illimitée, indispensable aux Chéloniens (à humérus thalassique ou parathalassique) du Necton de la Zone pélagique.

2. FÉMUR. I. — On peut suivre l'adaptation des membres à la Vie océanique sur le Fémur comme sur l'Humérus.

Car on rencontre, ici, des stades analogues, et qu'on peut désigner par la même terminologie.

Depuis le *fémur chélique* de *Chelydra*, ou d'*Emys*, jusqu'au *fémur thalassique* de *Chelone*.

II. — On assiste, alors, en passant du premier (*primitif*) au second (*spécialisé*), — non pas tant à une migration distale de la *crête tibiale* (= petit trochanter, homodyname de la crête radiale), qui descend, cependant, un peu, — qu'à un refoulement (en arrière de la tête du fémur) de la *crête péronéale* (= grand trochanter), de moins en moins séparée de la crête tibiale, — et à une réduction de la *fosse intertrochantérienne*, rejetée sur le bord interne de l'os. — Sans parler de la *diminution de*

longueur du fémur : d'abord égal (*Emys*), ou même plus long (*Chelydra*) que l'humérus, il finit (*Chelone*, *Dermochelys*) par ne plus en former les deux tiers.

III. — Or :

1. La *crête péronéale* (= grand trochanter) sert à l'insertion des muscles ilio-testo-fémoral (1) et sacro-fémoral (2);

2. La *crête tibiale* (= petit trochanter) sert à l'insertion des muscles pubo-fémoral interne (3) et pubo-fémoral externe (4);

3. La *fosse intertrochantérienne* sert à l'insertion des muscles ischio-pubo-fémoral (5) et ischio-fémoral profond (6).

Les migrations et transformations de la crête péronéale, de la crête tibiale et de la fosse intertrochantérienne répondent, par conséquent, à des migrations et à des transformations des muscles correspondants.

Et, dans mon mémoire sur la *Phylogénie des Chéloniens marins*, je montrerai que ces migrations et ces transformations musculaires proviennent elles-mêmes d'une *Adaptation* de plus en plus parfaite à la *Vie pélagique*.

Quant à la *diminution de longueur* du fémur, elle a sa source dans ce que les *Chéloniens marins*, — n'étant pas

(1) C. K. HOFFMANN, *Reptilien (Schildkröten)*. BRONN'S KLASSEN UND ORDNUNGEN DES THIERREICHS, vol. VI. Leipzig, 1890, p. 117.

(2) C. K. HOFFMANN, *Reptilien*, etc., p. 116.

(3) C. K. HOFFMANN, *Reptilien*, etc., p. 116.

(4) C. K. HOFFMANN, *Reptilien*, etc., p. 114.

(5) C. K. HOFFMANN, *Reptilien*, etc., p. 116.

(6) C. K. HOFFMANN, *Reptilien*, etc., p. 116.

pisciformes (1), — leur *appareil de propulsion* se trouve dans leurs *membres antérieurs*, — les *membres postérieurs* ne jouant plus qu'un rôle subordonné de *direction*, — à l'inverse de ce qui se passe chez les Téléosauriens (2).

IV. — Cela posé, nous avons :

1. *Lytoloma* (3). — Fémur thalassoïde. — Presque aussi long que l'humérus. — Type littoral.

2. *Toxochelys* (4). — Fémur thalassoïde, mais moins que l'humérus. — Un peu plus court que celui-ci. — Type littoral avec membres postérieurs en avance, dans

(1) Comment disparurent les membres postérieurs chez les Mammifères piseiformes, c'est ce que nous montre très bien *Potamogale* (G. E. DOBSON, *A Monograph of the Insectivora*. Londres, 1883, p. 97).

Par la position de son gros orteil, — la syndactylie du deuxième et du troisième, — la prédominance du quatrième, — et l'absence de palmures, qui indique que la structure du membre n'est pas due à l'influence de la Natation, — ce singulier Insectivore laisse l'impression d'un type *arboricole* adapté *secondairement* à la *Vie aquatique*.

Or, nous connaissons des Insectivores arboricoles (*Galeopithecus*). W. LECHE, *Ueber die Säugethier-Gattung Galeopithecus*. K. SVENSKA VETENSKAPS-AKADEMIENS HANDLINGAR, vol. 21, n° 41. Stockholm, 1886.

Et nous connaissons, aussi, des types arboricoles adaptés *secondairement* à la *Vie aquatique* (*Chironectes*). L. DOLLO, *Les Ancêtres des Marsupiaux étaient-ils arboricoles?* MISCELLANÉES BIOLOGIQUES DÉDIÉES AU PROFESSEUR ALFRED GIARD. Paris, 1899. — L. DOLLO, *Le pied du Diprotodon et l'origine arboricole des Marsupiaux*. BULL. SCIENT. GIARD, vol. XXXIII. Paris, 1900, p. 278.

(2) R. OWEN, *On the Influence*, etc., p. 426.

— E. DESLONGCHAMPS, *Mémoires sur les Téléosauriens de l'Époque jurassique du Département du Calvados*. I. MÉM. SOC. LINNÉENNE NORMANDIE, vol. XII. Caen, 1863, p. 62.

(3) Observation inédite.

(4) E. C. CASE, *Toxochelys*, etc., p. 377 et pl. LXXXI, fig. 1 et 2.

leur adaptation à la Vie océanique, sur les membres antérieurs (1).

3. *Eochelone* (2). — Fémur thalassique, avec restes de caractères thalassoïdes. — Plus court que l'humérus, mais en formant encore les trois quarts (donc, moins adapté que *Chelone* à la Vie pélagique). — Type qui s'éloigne vers la haute Mer.

IV. Eochelone et Lytoloma. — 1. Entre *Eochelone*, Thécophore marin de l'Éocène moyen de la Belgique, et *Lytoloma*, Thécophore marin de l'Éocène inférieur du même pays, l'*antithèse* la plus complète, comme le prouve le tableau ci-dessous :

EOCHELONE (3), Dollo, 1903.

1. *Tête*, grosse, déprimée, aux mâchoires triangulaires et tranchantes.

2. *Orbites*, latérales.

3. *Voûte palatine*, excavée, mince, sans crêtes osseuses.

LYTOLOMA (4), Cope, 1870.

1. *Tête*, excessivement large, déprimée, aux mâchoires triangulaires, dont la supérieure tranchante.

2. *Orbites*, antérieures.

3. *Voûte palatine*, plate, extrêmement épaisse, sans crêtes osseuses.

(1) Comme chez *Latax* (W. H. FLOWER and R. LYDEKKER, *Mammals, living and extinct*. Londres, 1891, p. 571). Mais, ici, pourquoi, puisque les membres antérieurs sont devenus prépondérants dans la Natation?

(2) Voir, plus haut, p. 796.

(3) Voir, plus haut, p. 794.

(4) E. D. COPE, *Synopsis of the Extinct Batrachia, Reptilia and Aves of North America*. TRANS. AMERIC. PHILOS. SOC., vol. XIV. Philadelphie, 1871, p. 144.

— Voir, plus haut, p. 799, note (1), et p. 800, note (1).

4. *Choanes*, très antérieures, et limitées, en arrière, par les Palatins et le Vomer.

5. *Mandibule*, à symphyse très courte, sans surface masticatoire, avec bord supérieur tranchant, et indiquant un bec légèrement recourbé.

6. *Carapace*, moins ossifiée que chez les Thécophores marins actuels.

7. *Humérus*, thalassique.

8. *Fémur*, thalassique.

9. *Gisement* : Bruxellien (Éocène moyen).

10. *Habitat* : Brabant (Belgique).

11. *Faune* : Pélagique (Hémipélagique).

12. *Régime* : Malacophage.

4. *Choanes*, très postérieures, et limitées, en arrière, par les Palatins.

5. *Mandibule*, à symphyse extraordinairement longue, avec énorme surface masticatoire, sans bord supérieur tranchant, et pas de bec recourbé.

6. *Carapace*, plus ossifiée que chez les Thécophores marins actuels.

7. *Humérus*, thalassoïde.

8. *Fémur*, thalassoïde.

9. *Gisement* : Landénien (Éocène inférieur).

10. *Habitat* : Hainaut (Belgique).

11. *Faune* : Littorale (Infralittorale).

12. *Régime* : Conchifrage.

2. Par contre, trois *cas de convergence*, sous l'influence de conditions d'existence analogues, — *régime conchifrage marin* :

1. Chéloniens cryptodères : *Lytoloma*.

2. Chéloniens pleurodères : *Stereogenys* (1).

3. Sauroptérygiens placodontes : *Cyamodus* (2).

Convergence pour la forme générale du crâne, pour l'armure osseuse et pour les membres.

Nous pouvons donc écrire :

Placodontes = Sauroptérygiens littoraux cuirassés conchifrages (3).

(1) G. W. ANDREWS, *Preliminary Note*, etc., p. 442.

(2) R. LYDEKKER, *Catalogue*, etc., Part IV. Londres, 1890, p. 8.

(3) O. JAEKEL, *Ueber Placochelys n. g. und ihre Bedeutung für die Stammesgeschichte der Schildkröten*. NEUES JAHRBUCH F. MINERALOGIE, GEOLOGIE U. PALAEONTOLOGIE. Stuttgart, 1902, vol. I, p. 135.

— E. FRAAS, *Thalassemys marina*, etc., p. 102.

Littoraux, — car le régime conchifrage est incompatible (à ce degré), — même pour un type hémipélagique, — avec la vie dans la haute Mer (1).

3. Les Placodontes. Pourquoi en parler ici ? A cause de la position antérieure des *choanes*, malgré le palais broyeur (par les dents) (2).

Choanes, par conséquent, très différentes de celles des Thécophores marins conchifrages. Preuve d'une autre structure possible pour atteindre le même but.

Et, pourtant, le type des choanes des Thécophores marins conchifrages a été réalisé deux fois, indépendamment, par convergence : *Lytoloma* (Cryptodères) et *Streogenys* (Pleurodères).

Oui. Mais, chez les Placodontes, les mâchoires ne s'appliquent pas aussi étroitement l'une contre l'autre quand la bouche est fermée (grâce à la présence des dents en pavés), et, de cette manière, n'empêchent pas la respiration par des choanes antérieures.

V. Les Écussons cornés de Thalassochelys.

— 1. Parmi les Thécophores marins actuels, — *Chelone* et *Eretmochelys* ont quatre paires d'écussons costaux, — *Thalassochelys* et *Colpochelys*, cinq paires, ou plus (3). — Quel est le type primitif?

(1) H. N. MOSELEY, *Fauna of the Sea-Shore*, etc., p. 417.

(2) R. LYDEKKER, *Catalogue*, etc., IV, p. 8.

— O. JAEKEL, *Placochelys*, etc., p. 130.

(3) G. A. BOULENGER, *Catalogue*, etc., pp. 180 et 184.

On pourrait croire, *a priori*, que ce sont ceux-ci. Car l'Évolution procède fréquemment par *réduction* (1).

Mais elle opère, parfois, aussi, par *multiplication* : dents des Cétacés, vertèbres des Serpents, hyperphalangie des Amniotes pélagiques (2), etc.

La chose n'est donc pas si simple.

2. Si on consulte le tableau de M. H. Gadow (3), Maître de Conférences à l'Université de Cambridge (Angleterre), on ne peut s'empêcher de penser que le *nombre normal d'Écussons costaux*, chez les Chéloniens actuels, est de *quatre paires*.

Or, *Thalassochelys* n'est pas un Thécopore primitif, mais, au contraire, une Tortue profondément transformée par l'Adaptation à la Vie océanique.

Il faudrait, dès lors, supposer un fameux *Chevauchement des Spécialisations* pour admettre qu'il est resté archaïque dans le nombre de ses Écussons costaux.

3. De plus, *Thalassochelys*, — *exception* dans les *Chéloniens actuels*, en général, — est, également, une *exception* dans les *Thécophores marins* vivants et fossiles suffisamment bien connus, — car :

1. *Chelone*. — Holocène. — 4 paires d'écussons costaux.

2. *Eretmochelys*. — Holocène. — 4 paires d'écussons costaux.

(1) H. GADOW, *Orthogenetic Variation in the Shells of Chelonia*. A. WILLEY'S ZOOLOGICAL RESULTS, BASED ON MATERIAL FROM NEW BRITAIN, NEW GUINEA, LOYALTY ISLANDS AND ELSEWHERE. Cambridge, 1899, Part III, p. 221.

(2) L. DOLLO, *Nouvelle note sur l'Ostéologie des Mosasauriens*. BULL. SOC. BELG. GÉOL., vol. VI. Bruxelles, 1892, p. 248.

(3) H. GADOW, *Orthogenetic Variation*, etc., p. 214.

3. *Oligochelone* (1). — Oligocène moyen. — 4 paires d'écussons costaux.

4. *Eochelone* (2). — Éocène moyen. — 4 paires d'écussons costaux.

5. *Argillochelys* (3). — Éocène inférieur. — 4 paires d'écussons costaux.

6. *Lytoloma* (4). — Cénomanién à Éocène supérieur. — 4 paires d'écussons costaux.

7. *Glyptochelone* (5). — Crétacé supérieur. — 4 paires d'écussons costaux.

8. *Thalassochelys*. — Holocène. — 5 paires d'écussons costaux.

9. *Colpochelys*. — Holocène. — 5 paires d'écussons costaux.

A quel titre, maintenant, *Thalassochelys* représenterait-il l'état ancestral des Écussons costaux? — *Chronologiquement*? Non. — *Morphologiquement*? Rien ne le prouve. En effet, si, en tel point de son organisation, *Thalassochelys* montre des caractères primitifs (exemple: Carapace complètement ossifiée chez l'adulte), en d'autres il est plus spécialisé que bien des *Chelonidæ* fossiles (exemple: Humérus thalassique). — Et, ainsi, il n'est pas établi que, chez lui, le développement des Écussons costaux soit encore celui de la souche des Thalassites.

(1) Thécopore marin nouveau du Rupélien de Boom, que je décrirai bientôt.

(2) Voir, plus haut, p. 795.

(3) R. LYDEKKER, *Catalogue*, etc., III, p. 40.

(4) Observation inédite.

(5) Thécopore marin du Maestrichtien du Limbourg, sur lequel je reviendrai prochainement. C'est la *Chelonia Suyckerbuyki*, Ubaghs (C. UBAGHS, *Description géologique et paléontologique du sol du Limbourg*. Ruremonde, 1879, p. 249).

4. Les *Thalassémydes*, qui ont donné naissance aux Thécophores marins typiques, n'ont que quatre paires d'Écussons costaux (1).

5. Tout ce qui précède tend à nous convaincre que le nombre de paires d'Écussons costaux (*cinq ou plus*) de *Thalassochelys* est *secondaire*, et que cette Tortue dérive de précurseurs à quatre paires d'Écussons costaux.

6. Originellement, n'y avait-il pas autant d'Écussons costaux que de *Plaques costales* (2)? — Peut-être. Mais qu'importe? Cela n'empêche nullement que *Thalassochelys* sorte d'un groupe où les Écussons costaux étaient déjà réduits à quatre paires.

7. Comment un caractère aussi inutile que ces Écussons costaux supplémentaires se serait-il fixé chez *Thalassochelys* (3)?

Inutile, en soi, autant que nous pouvons en juger, il l'est bien.

Mais n'oublions jamais les *caractères corrélatifs* (4). Ces Écussons costaux supplémentaires inutiles par eux-mêmes, qui nous assure qu'ils n'ont pas été fixés parce que corrélatifs d'une structure indispensable?

(1) E. FRAAS, *Thalassemys marina*, etc., p. 77.

(2) H. GADOW, *Orthogenetic Variation*, etc., p. 215.

(3) Car, bien que le nombre des Écussons costaux soit, ici, variable, il s'est, pourtant, fixé comme toujours supérieur à quatre paires (sauf un cas, et encore d'un seul côté). — H. GADOW, *Orthogenetic Variation*, etc., pp. 208-212.

(4) C. DARWIN, *Origin of Species*, 43^e mille. Londres, 1892, p. 8.

— C. DARWIN, *Variations of Animals and Plants under Domestication*, 8^e mille, vol. II. Londres, 1893, p. 325.

VI. Chorologie (Biostratigraphie + Biogéographie). — **1. BIOSTRATIGRAPHIE. I.** — Comparons, d'abord, les *Chéloniens* de l'*Éocène inférieur* de la Belgique aux *Chéloniens* de l'*Éocène moyen* du même pays.

Nous aurons :

FAMILLES.	ÉOCÈNE INFÉRIEUR (Landénien) de la Belgique.	ÉOCÈNE MOYEN (Bruxellien) de la Belgique.
I. Chelydridæ.	○	1. <i>Pseudotrionyx</i> (4).
II. Testudinidæ.	○	1. <i>Emys</i> (5).
	○	2. <i>Testudo</i> (6).
III. Chelonidæ.	○	1. <i>Eochelone</i> (7).
	1. <i>Argillochelys</i> (1).	○
	2. <i>Lytoloma</i> (2).	○
IV. Trionychidæ.	1. <i>Trionyx</i> (3).	1. <i>Trionyx</i> (8).

(1) Observation inédite.

— R. LYDEKKER, *Eocene and Mesozoic Chelonia*, etc., p. 236.

— R. LYDEKKER, *Catalogue*, etc., III, p. 40.

(2) L. DOLLO, *Chéloniens landéniens*, etc., p. 137.

— R. LYDEKKER, *Catalogue*, etc., III, p. 51.

(3) Observation inédite.

(4) L. DOLLO, *Première note sur les Chéloniens du Bruxellien (Éocène moyen) de la Belgique*. BULL. MUS. ROY. HIST. NAT. BELG., vol. IV. Bruxelles, 1886, p. 75.

(5) T. C. WINKLER, *Des Tortues fossiles conservées dans le Musée Teyler et dans quelques autres Musées*. Harlem, 1869, p. 127.

(6) Observation inédite, sur laquelle je reviendrai bientôt.

(7) Voir, plus haut, p. 796.

(8) T. C. WINKLER, *Des Tortues fossiles*, etc., p. 135.

Sur ces deux groupes, trois remarques :

1. *Manquent*, tous deux, d'*Athèques* et de *Pleurodères*.

2. Le plus *ancien* ne comprend que des formes marines et fluviatiles ; le plus *récent*, des formes marines, fluviatiles, paludines et terrestres.

5. Celui-ci ne peut donc provenir de celui-là par voie d'*Évolution* (1), — sauf, peut-être, *Eochelone* d'*Argillochelys*, et le *Trionyx* bruxellien du *Trionyx* landénien.

Quid ? Il faut découvrir des Tortues landéniennes paludines et terrestres.

A Erquelinnes ? Pas très probable. Car on y a déjà trouvé tant de Tortues, toujours marines et fluviatiles. — Les circonstances locales étaient, sans doute, défavorables à la vie ou à l'enfouissement des Tortues paludines et terrestres.

Mais dans d'autres gisements contemporains de la Belgique ou de l'étranger.

Puisque le *Transformisme* ne saurait plus être discuté aujourd'hui.

II. — Pas de *Lytoloma* dans le Bruxellien. — Que signifie cette absence ?

(1) Car *l'Évolution est irréversible* (L. DOLLO, *Lois de l'Évolution*, etc., p. 165).

Et les Thécophores marins ou fluviatiles, sortant de Chéloniens tels qu'*Emys*, ne pourraient, même redevenant palustres (si possible), reprendre leur forme et leur structure premières.

Jamais *Argillochelys* et *Lytoloma*, ni *Trionyx*, ne retourneraient à l'état qui nous est, aujourd'hui, représenté par *Emys*.

1. *Évolué?* — Non, vu qu'il s'éteignit sans laisser de descendance (1).

2. *Éteint?* — Non, attendu qu'il reparait dans le Wemmélien (Éocène supérieur de la Belgique) (2).

3. *Emigré?* — Oui, et je vais le démontrer.

III. — Comparons les *Chéloniens* du *Landénien* de la Belgique à ceux du *London Clay* (= Yprésien) de l'Angleterre, tous deux d'âge éocène inférieur, les derniers plus récents.

Nous aurons :

FAMILLES.	ÉOCÈNE INFÉRIEUR (Landénien) de la Belgique.	ÉOCÈNE INFÉRIEUR (London Clay = Yprésien) de l'Angleterre.
I. Chelydridæ.	○	1. <i>Pseudotrionyx</i> (3).
II. Testudinidæ.	○	1. <i>Chrysemys</i> (4).
	○	2. <i>Homopus</i> (5).

(1) Voir, plus haut, p. 813.

(2) Observation inédite.

(3) R. LYDEKKER and G. A. BOULENGER, *Notes on Chelonia from the Purbeck, Wealden and London-Clay*. GEOLOGICAL MAGAZINE, vol. IV. Londres, 1887, p. 274.

(4) R. LYDEKKER, *Catalogue*, etc., III, p. 118.

(5) R. LYDEKKER, *Catalogue*, etc., III, p. 91.

FAMILLES.	ÉOCÈNE INFÉRIEUR (Landénien) de la Belgique.	ÉOCÈNE INFÉRIEUR (London Clay = Yprésien) de l'Angleterre.
III. Chelonidæ.	○	1. <i>Thalassochelys</i> (1).
	1. <i>Argillochelys</i> .	2. <i>Argillochelys</i> (2).
	2. <i>Lytoloma</i> .	3. <i>Lytoloma</i> (3).
	○	4. <i>Eosphargis</i> (4).
IV. Pelomedusidæ.	○	1. <i>Podocnemis</i> (5).
	○	2. <i>Dacochelys</i> (6).
V. Trionychidæ.	1. <i>Trionyx</i> .	1. <i>Trionyx</i> (7).

Sur ces deux groupes, cinq remarques :

1. *Manquent*, tous deux, d'*Athèques* (8).

(1) R. LYDEKKER, *Catalogue*, etc., III, p. 50.

(2) R. LYDEKKER, *Catalogue*, etc., III, p. 44.

(3) R. LYDEKKER, *Catalogue*, etc., III, p. 51.

(4) R. LYDEKKER, *Catalogue*, etc., III, p. 225.

(5) R. LYDEKKER, *Catalogue*, etc., III, p. 171.

(6) R. LYDEKKER, *Catalogue*, etc., III, p. 173.

(7) R. LYDEKKER, *Catalogue*, etc., III, p. 21.

(8) Car *Eosphargis*, n'ayant pas encore d'armure en mosaïque (= armure athèque), reste, pour moi, un Thécopore marin à armure (= armure thécopore) extrêmement réduite.

Probablement, le précurseur, l'ancêtre immédiat des Athèques, qui apparaissent d'abord dans l'Éocène moyen.

2. Le second a des *Pleurodères*; le premier, non.

5. Le plus *ancien* ne comprend que des formes marines et fluviatiles; le plus *récent*, des formes marines, fluviatiles, paludines et terrestres.

4. Celui-ci ne peut donc provenir de celui-là par voie d'*Evolution*. — Explication, plus haut.

3. *Argillochelys*, *Lytoloma* et *Trionyx* ont émigré en Angleterre.

IV. — Comparons, maintenant, les *Chéloniens* du *Bruxellien* de la Belgique à ceux des *Bracklesham Beds* de l'Angleterre, tous deux d'âge éocène moyen.

Nous aurons :

FAMILLES.	ÉOCÈNE MOYEN (Bruxellien) de la Belgique.	ÉOCÈNE MOYEN (Bracklesham Beds) de l'Angleterre.
I. Sphargidæ.	○	1. <i>Psephophorus</i> (1).
II. Chelydridæ.	1. <i>Pseudotrionyx</i> .	○
III. Testudinidæ.	1. <i>Emys</i> .	○
	2. <i>Testudo</i> .	○

(1) R. LYDEKKER, *Catalogue*, etc., III, p. 225.

FAMILLES.	ÉOCÈNE MOYEN (Bruxellien) de la Belgique.	ÉOCÈNE MOYEN (Bracklesham Beds) de l'Angleterre.
IV. Chelonidæ.	1. <i>Eochelone</i> . ○ ○ ○	○ 1. <i>Thalassochelys</i> (1). 2. <i>Argillochelys</i> (2). 3. <i>Lytoloma</i> (3).
V. Trionychidæ.	1. <i>Trionyx</i> .	1. <i>Trionyx</i> (4).

Sur ces deux groupes, encore cinq remarques :

1. *Manquent*, tous deux, de *Pleurodères*.
2. Le second a des *Athèques*; le premier, non.
3. Celui-ci comprend des formes marines, fluviales, paludines et terrestres; celui-là, des formes marines et fluviales seulement.

Différence de *conditions locales*.

Les *Bracklesham Beds*, d'après les Tortues qu'ils contiennent, représentent, dans l'Éocène moyen, un gisement analogue à celui d'Erquelinnes dans l'Éocène inférieur.

Le *Bruxellien* de la Belgique correspond à un autre type de gisement de l'Éocène moyen.

4. Ces considérations justifient la prévision (exprimée plus haut) de dépôts *landéniens* avec Tortues marines, fluviales, paludines et terrestres.

(1) R. LYDEKKER, *Catalogue*, etc., III, p. 50.

(2) R. LYDEKKER, *Catalogue*, etc., III, pp. 41 et 44.

(3) R. LYDEKKER, *Catalogue*, etc., III, p. 53.

(4) R. LYDEKKER, *Catalogue*, etc., III, p. 19.

Ces dépôts répondraient, dans l'Éocène inférieur, à ceux du Brabant dans l'Éocène moyen.

5. *Argillochelys* et *Lytoloma* continuent à vivre en Angleterre, tandis qu'ils sont absents de l'Éocène moyen de la Belgique.

Mais *Lytoloma* revient, de nouveau, un peu plus tard, dans ce dernier pays, puisqu'on le retrouve dans le Wemmélien (Éocène supérieur).

Nous saisissons donc, ici, chez un *animal* essentiellement *côtier*, le phénomène des *migrations* sur le fait.

LYTOLOMA.			
TERRAINS.	ÉTAGES.	BELGIQUE.	ANGLETERRE.
Éocène supérieur.	Wemmélien.	×	○
Éocène moyen.	Bruxellien.	○	×
Éocène inférieur.	Yprésien.	○	×
	Landénien.	×	○
Crétacé supérieur.	Sénonien.	○	×
	Cénomanién.	○	×

2. BIOGÉOGRAPHIE. Comparons, enfin, les *Chéloniens* de l'Éocène moyen de l'Angleterre, de la Belgique et de l'Égypte.

Nous aurons :

FAMILLES.	ÉOCÈNE MOYEN (Bruxellien) de la Belgique.	ÉOCÈNE MOYEN (Bracklesham Beds) de l'Angleterre.	ÉOCÈNE MOYEN (Fayum) de l'Égypte.
I. Sphargidæ	○	1. <i>Psephophorus</i> .	1. <i>Psephophorus</i> (1).
II. Chelydridæ	1. <i>Pseudotrionyx</i> .	○	○
III. Testudinidæ	1. <i>Emys</i> .	○	○
	2. <i>Testudo</i> .	○	○
IV. Chelonidæ	1. <i>Eochelone</i> .	○	○
	○	1. <i>Thalassochelys</i> .	1. <i>Thalassochelys</i> (2).
V. Pelomedusidæ	○	2. <i>Argillochelys</i> .	○
	○	3. <i>Lytoloma</i> .	○
	○	○	1. <i>Podocnemis</i> (3).
	○	○	2. <i>Stereogenys</i> (4).
VI. Trionychidæ	1. <i>Trionyx</i> .	1. <i>Trionyx</i> .	○

(4) C. W. ANDREWS, *Preliminary Note*, etc., p. 440.(2) C. W. ANDREWS, *Preliminary Note*, etc., p. 441.(3) C. W. ANDREWS, *On some Pleurodrom Chelonians from**the Eocene of the Fayum, Egypt*. ANNALS AND MAG. NAT. HIST., vol. XI. Londres, 1903, p. 422.(4) C. W. ANDREWS, *Preliminary Note*, etc., p. 442.

Sur ces trois groupes, encore cinq remarques :

1. La *Belgique* possède des formes marines, fluviatiles, paludines et terrestres; l'*Angleterre*, des formes marines et fluviatiles; l'*Égypte*, des formes marines et paludines.

2. La *Belgique* et l'*Angleterre* indiquent une même province géographique, avec différence de *conditions locales*; l'*Égypte*, une autre *province géographique*.

3. Car :

ÉOCÈNE MOYEN.

I. — *Angleterre et Belgique.*

II. — *Égypte.*

1. Absence de Pleurodères.

1. Présence de Pleurodères.

2. Présence de Trionychoïdes.

2. Absence de Trionychoïdes (1).

4. Les *Chéloniens éocènes* de l'*Angleterre* et de l'*Égypte* ne montrent donc pas cette « grosse allgemeine Aehnlichkeit (2) », — si on rapproche les niveaux correspondants.

5. D'autant moins que nous avons des *types représentatifs*, qui, par leur nature, s'excluent, — et qui appartiennent à des groupes antagonistes :

Thécophores marins littoraux conchifrages très spécialisés :	{	1. Angleterre (Éocène moyen). — <i>Lytoloma</i> . — Cryptodères.
	{	2. Égypte (Éocène moyen). — <i>Stereogenys</i> . — Pleurodères.

VII. Classification des Chéloniens marins. —

1. Si nous laissons de côté *Stereogenys*, — qui était, sans doute, un Pleurodère marin littoral (3), — mais pour

(1) A. VON REINACH, *Vorläufige Mittheilung über neue Schildkröten aus dem ägyptischen Tertiär*. ZOOLOGISCHER ANZEIGER, 1903, p. 463.

(2) A. VON REINACH, *Vorläufige Mittheilung*, etc., p. 463.

(3) Nous aurions, alors, parmi les *Pleurodères*, toutes les *formes représentatives*, toutes les *adaptations*, des *Cryptodères* : marines (*Stereogenys*), fluviatiles (*Carettochelys*), paludines (*Podocnemis*), terrestres (*Miolania*).

lequel nous n'avons, en attendant la découverte des membres, qu'une interprétation, basée sur le régime conchifrage spécialisé, — tous les *Thécophores marins* me paraissent, — jusqu'à ce que leurs affinités soient mieux déterminées, — devoir être réunis en une seule famille, les *Chelonidæ*.

Je pense qu'il faut même, momentanément, renoncer à des sous-familles (1). Nous sommes encore trop peu avancés. Il y aurait, bientôt, trop à remanier.

2. Je crois que les genres suivants de *Chelonidæ* sont bien définis, ou susceptibles de l'être.

Je les groupe, à titre provisoire, d'après des caractères intéressants.

J'y ajoute les *Athèques*, en indiquant ce qui, pour moi, sépare l'Athèque du Thécophore.

Phylogéniquement, — les Athèques sont des Thécophores marins extrêmement spécialisés (2).

Systématiquement, — il faut les isoler, à cause de la carapace secondaire, modification profonde dans le type Chélonien (3).

(1) G. R. WIELAND, *Toxochelys and Archelon*, etc., p. 107.

(2) G. BAUR, *Dermochelys*, etc., p. 191.

— L. DOLLO, *Tortue Luth*, etc., p. 4.

(3) Les Oiseaux sont des Reptiles spécialisés, mais on en fait une Classe distincte, parce que l'Oiseau, en évoluant, est devenu trop différent du Reptile typique.

De même, les Athèques sont des Thécophores spécialisés, quoique les divergences soient moins profondes ici.

Aussi, au lieu de deux Classes, peut-on se contenter de deux Sous-Ordres.

Étude sur la pression critique de luminescence des gaz ;
par Alex. de Hemptinne.

On constate, en prenant un tube en verre muni de deux électrodes et contenant un gaz à la pression de quelques millimètres, que le gaz, dans ces conditions, conduit plus ou moins bien l'électricité. A mesure que la pression diminue, la conductibilité augmente, et cela jusqu'à une certaine pression, à partir de laquelle la résistance du gaz croît rapidement avec son degré de raréfaction. Cette pression limite, appelée *Umkehrdruck* par Ebert (1), dépend de la nature du gaz, de la distance des électrodes et de la forme des appareils.

On sait qu'il y a un rapport intime entre la conductibilité électrique des gaz et leur luminescence; il résulte de ce parallélisme que l'on pourra étudier les relations qui existent entre la pression d'un gaz et sa conductibilité, en observant les conditions pour lesquelles il devient tour à tour obscur et lumineux. Nous basant sur ces propriétés, nous nous sommes proposé d'étudier ce que l'on pourrait appeler la *pression critique de luminescence*. Pour des tubes sans électrodes et de diverses dimensions, nous avons étudié en particulier l'influence du magnétisme.

(1) W. A., 1899, t. IL, p. 372.

APPAREILS ET MÉTHODE.

Nous avons employé pour ces expériences le dispositif de Tesla. Le gaz était renfermé dans un tube en verre, relié à une pompe à mercure et à une jauge de MacLeod.

Le tube en verre était placé entre deux plaques en métal ayant 20 centimètres de hauteur sur 7 centimètres de largeur.

Pour des vibrations électriques d'une intensité déterminée, le tube, placé entre les plaques, devient lumineux. Si l'on augmente la distance des plaques, l'éclat de la luminescence décroît, et pour une certaine distance toute lueur disparaît dans le tube. La distance à laquelle il faut éloigner les plaques pour obtenir l'extinction de toute luminescence dépend de la pression du gaz; on la détermine assez facilement par tâtonnement. A mesure que la pression du gaz diminue, on peut augmenter la distance des plaques; arrivé à un certain degré de raréfaction, on doit, au contraire, rapprocher les plaques à mesure que le vide augmente; la pression correspondant à ce degré de raréfaction est la pression critique de luminescence.

Ebert, pour ses recherches, a employé des tubes munis d'électrodes mobiles; il a trouvé que la distance des électrodes avait une influence très notable sur la grandeur de la pression critique (*Umkehrdruck*); il donne les chiffres suivants pour l'hydrogène :

Distance des électrodes en centimètres.	Pression critique.
—	—
22	0.85
12	1.94
2	2.89

On peut se demander si, dans le cas de nos expériences, la distance des plaques n'a pas également une influence sur la valeur de la pression critique. Dans le but d'éclaircir ce point, nous avons fait quelques recherches dans des conditions très diverses. Nous avons placé entre les plaques un tube sans électrodes de 10 millimètres de diamètre sur 65 de longueur et nous avons déterminé la pression critique de luminescence du gaz en employant successivement un condensateur de grande et de petite capacité; nous avons également fait varier la distance explosive de l'étincelle. En opérant sur de l'hydrogène sec et sur l'oxyde de carbone, nous avons obtenu les chiffres inscrits dans les tableaux suivants :

I. — *Influence de la distance explosive.*

Pression.	Écartement des plaques pour une distance explosive de 3 milli- mètres.	Pression.	Écartement des plaques pour une distance explosive de 3 milli- mètres.	Pression.	Écartement des plaques pour une distance explosive de 6 milli- mètres.
—	—	—	—	—	—
		14	53	14	61
11.8	60	10	60	10	67
5.3	65	5.4	68	5.5	75
4.2	70	4.4	68	4.2	80
					3.85
3.9	70	3.6	70	3.5	75
	3.45		3.25		
3.0	65	2.9	65	1.8	60
1.9	50	2.1	55	1.0	50
		1.5	45		

II. — *Influence de la capacité du condensateur.*

Pression.		Distance des plaques pour un condensateur de grande capacité.	Pression.		Distance des plaques pour un condensateur de petite capacité.
—		—	—		—
52.8		40	51.2		26
43.4		44	39.8		30
33.2		51	30.7		35
18.6		70	20.1		50
11		78			
9.7		80			
6.3		82			
4.9		82	5		72
4.0		82	4.3		72
	3.8			3.95	
3.6		60	3.6		68
3.0		55	2.8		65
2.54		38	2.0		55

III. — *Expériences sur l'oxyde de carbone.*

Pression.		Distance des plaques pour un condensateur de grande capacité.	Pression.		Distance des plaques pour un condensateur de petite capacité.
—		—	—		—
20.5		36	18		26
14.2		44	14.6		36
10		53	12.3		39
5.5		67	7.7		52
3.6		70	3.9		61
2.66		76	2.3		72
2.24		78	1.79		75
				1.6	
1.81		78	1.41		70
	1.6				
1.4		67	1.19		68
1.29		62	1.07		53
1.15		55	0.67		37
1.03		28	0.58		22

Nous avons pris pour la valeur de la pression critique la pression comprise entre les pressions inférieures correspondant à la distance maximum des plaques et la pression suivante.

Ainsi, dans le cas du tableau I, 3.9 correspondant à 70 et 3 à 63, nous avons pris pour la pression critique 3.45. Ce n'est évidemment là qu'une approximation, mais, pour des expériences de ce genre, on ne peut exiger une exactitude parfaite. Nous avons obtenu pour l'hydrogène les pressions suivantes: 3.45—3—2.5—3.85—3.8—3.95; en prenant la moyenne de ces chiffres, on obtient 3.66.

De même, pour l'oxyde de carbone, on a 1.6.

Les chiffres correspondant aux pressions critiques sont mis en évidence entre les colonnes des tableaux précédents.

Les chiffres obtenus pour l'hydrogène diffèrent un peu l'un de l'autre, mais en examinant attentivement les tableaux, on s'assurera que ces écarts sont fortuits et peuvent être attribués à des erreurs d'expérience.

D'après ces résultats, on voit que la distance des plaques n'exerce pas d'influence sur la pression critique de luminescence; comme on le verra plus loin, cette pression dépend surtout de la grandeur du récipient placé entre les plaques, c'est-à-dire de la grandeur de l'espace luminescent.

Influence de la grandeur du récipient.

Nous avons placé entre les plaques une sphère de 63 millimètres de diamètre. En opérant sur de l'hydrogène sec, nous avons obtenu :

IV.

Pressions.		Distance des plaques.
—		—
11		100
8		120
3.6		150
1.9		170
1.4		180
1.07		185
0.8		190
0.55		190
	0.48	
0.42		170
0.26		135

La pression critique de luminescence est d'environ 0.48.

Influence du magnétisme.

Afin de nous rendre compte de l'influence du magnétisme, nous avons placé la sphère en verre entre les pôles d'un électro-aimant très puissant. L'appareil étant ainsi disposé, nous avons cherché à déterminer la pression critique pour un champ magnétique nul, et ensuite pour le champ produit par un courant de 15 ampères. Les résultats obtenus en opérant sur de l'hydrogène sec sont inscrits dans le tableau suivant :

V.

Pression.	Distance des plateaux.	
	Sans champ magnétique.	Avec champ magnétique.
—	—	—
11	100	85
8	120	90
3.6	150	90
1.9	170	85
1.4	180	80
1.07	185	80
0.8	190	70
0.55	190	85
		0.52
0.5	190	70
	0.46	
0.42	170	75
0.26	155	70

Le tableau précédent nous montre que les phénomènes sont beaucoup moins nets dans le champ magnétique, c'est-à-dire que lorsque la pression varie, il n'est pas nécessaire de faire varier beaucoup la distance des plateaux pour obtenir l'extinction de la luminescence. Entre la distance maximum 85 et la distance minimum 70, il n'y a qu'une différence de 15 millimètres, tandis que sans champ magnétique, on passe en diminuant graduellement de 190 à 155, dont la différence est 55. Remarquons que dans ce cas la pression critique de luminescence est la même sans champ magnétique ou dans le champ.

Nous avons encore fait d'autres expériences, en opérant également sur de l'hydrogène sec, mais en employant le petit tube de 10 millimètres de diamètre, et avons obtenu dans ces conditions :

VI.

Pression.	Distance des plateaux.	
	Sans champ magnétique.	Avec champ magnétique.
—	—	—
14	53	53
10	60	65
5.4	68	65
4.4	68	65
3.6	70	65
	3.25	
2.9	65	65
		2.5
2.1	55	62
1.5	45	50

Une autre série d'expériences a donné :

VII.

Pression.	Distance des plaques.	
	Sans champ magnétique.	Avec champ magnétique.
—	—	—
11.8	60	60
5.3	65	55
4.2	70	60
3.9	70	60
	3.45	
3.0	65	60
		2.5
1.95	50	55

En examinant les tableaux précédents, on voit qu'il existe certainement une pression critique de luminescence pour un tube de petit diamètre placé dans un champ magnétique puissant.

Il est difficile de déterminer exactement cette pression ; elle semble pourtant être inférieure à la pression critique de luminescence sans champ magnétique ; en effet, dans ce dernier cas, nous avons obtenu 5.25 et 5.45, tandis que dans le champ la valeur était de 2.5.

Influence de la position du tube.

Jusqu'à présent, nous avons toujours opéré en plaçant le tube en verre parallèlement aux plaques et perpendiculairement aux lignes de force du champ magnétique ; voyons ce qui a lieu pour un tube de même dimension, mais placé parallèlement aux lignes de force du champ magnétique. On obtient ainsi pour de l'hydrogène sec :

VIII.

Pression.	Distance des plaques.	
	Sans champ magnétique.	Avec champ magnétique.
—	—	—
11.5	50	55
6	55	60
5	65	60
3.5	65	62
2.3	70	65
1.65	75	75
	1.4	
1.2	70	80
0.8	70	85
	0.6	
0.4	85	70

La pression critique de luminescence dans le champ magnétique est de nouveau inférieure à la pression cri-

tique hors du champ. Cette dernière pression est, dans le cas actuel, 4.4 environ ; c'est là une valeur sensiblement inférieure à 5.6, trouvée précédemment. Ce résultat est dû au fait que les extrémités du tube touchent presque les deux pôles de l'électro-aimant. La présence de ces deux grandes masses en fer influence la distribution de la luminescence dans le tube ; il y a des effluves qui passent entre ces masses en fer et l'intérieur du tube, c'est-à-dire dans le sens de sa longueur ; c'est donc comme si le tube était influencé par des plateaux perpendiculaires à sa direction.

Voyons ce qui se produit dans ce dernier cas.

Soit un tube de Tesla de 10 millimètres de diamètre et de 65 millimètres de longueur placé perpendiculairement aux plaques.

IX.

Pression.	Distance des plaques.	
	Sans champ magnétique.	Avec champ magnétique.
10	110	95
4.5	135	110
		3.3
2.1	160	85
1	170	.
0.35	160	.
	0.67	

La pression critique de luminescence sans champ magnétique est donc très basse : elle est comprise entre 1 et 0.35, elle se rapproche donc de 0.67.

Le chiffre obtenu pour l'action du champ est compris entre 4.5 et 2.1 ; il ne doit donc pas être éloigné de 5.5.

CONCLUSIONS.

Nous avons vu que, si l'on soumet à des vibrations électriques un tube de 10 millimètres de diamètre et de 65 millimètres de longueur, la pression critique de luminescence pour ce tube dépend de sa position par rapport aux plaques. Nous avons obtenu ainsi 5^{mm},6 lorsque le tube est vertical et parallèle aux plaques, et 0^{mm},67 lorsque le tube leur est perpendiculaire. On peut exprimer ces résultats de la façon suivante. Si l'on considère un point au sein de la masse gazeuse et qu'à partir de ce point on se déplace suivant une ligne droite, perpendiculaire aux plaques, en se dirigeant tantôt vers l'un, tantôt vers l'autre, la ligne ainsi tracée se terminera à ses deux extrémités à la paroi en verre du tube. Plus cette ligne sera longue, plus sera faible la pression critique de luminescence. Les gaz luminescents contiennent certainement des particules électrisées; celles-ci, sous l'influence des charges alternativement positives et négatives, se meuvent suivant une direction perpendiculaire aux plaques. Si l'on admet ces hypothèses, on arrivera à supposer que le phénomène de la pression critique de luminescence est en relation avec le mouvement des particules et, si l'on peut s'exprimer ainsi, avec l'espace libre qu'elles peuvent parcourir avant de rencontrer la paroi en verre. Dès lors, on explique aisément l'action du champ magnétique; en effet, la direction d'une particule électrisée qui se meut dans un champ magnétique est modifiée, et, par suite, si la pression critique de luminescence dépend de l'espace que peuvent parcourir les particules sans rencontrer d'obstacle, on comprendra pourquoi la pression critique de luminescence dépendra

de la position du tube par rapport aux lignes de force du champ magnétique; il suffira, pour s'en convaincre, d'examiner à ce point de vue quelques-uns des résultats de nos expériences.

1° Sphère en verre de 65 millimètres de diamètre : tableau V.

Nous avons trouvé que la pression critique de luminescence n'est pas influencée par le champ magnétique. En effet, dans ce cas, les particules peuvent se mouvoir dans n'importe quelle direction; le récipient ayant une forme sphérique, l'espace que pourront parcourir les particules sera toujours le même.

2° Tube de 10 millimètres de diamètre et de 65 millimètres de longueur placé verticalement, et parallèle aux plaques : tableaux VI et VII.

La moyenne des pressions sans champ est 3.35; dans le champ, 2.5. Si le champ magnétique soumet les particules mobiles à l'action d'une force dont la composante est, par exemple, perpendiculaire aux lignes de force du champ et à la direction de leur mouvement, elles tendront à se mouvoir dans le sens de la longueur du tube ou tout au moins suivant une résultante oblique; la distance que les particules pourront parcourir sans rencontrer la paroi en verre sera donc augmentée, et, par suite, comme nous l'avons observé, la pression critique de luminescence sera plus faible.

3° Tube parallèle aux lignes de force. Comme nous l'avons vu dans ce cas, la pression critique de luminescence est fortement influencée par le proche voisinage des masses en fer de l'électro-aimant; par suite de cette complication, les résultats sont difficiles à interpréter.

4° Tube perpendiculaire aux plaques et aux lignes de force. Tableau IX : Pression critique de luminescence

sans champ, 0.67; avec champ, 5.5. La pression, sans champ, diffère peu de la valeur 0.48, trouvée pour le récipient de forme sphérique de 65 millimètres de diamètre; on s'expliquera le rapprochement de ces valeurs si l'on remarque que, dans la position actuelle du tube, et en supposant que les particules se meuvent perpendiculairement aux plaques, elles ont un espace libre de 65 millimètres à parcourir, c'est-à-dire le même que dans le cas de la sphère. La valeur 5.5 dans le champ magnétique est maintenant très élevée; chose remarquable, elle se rapproche de 5.6, valeur trouvée pour le tube perpendiculaire.

C'est donc comme si, dans ce dernier cas, la force magnétique sollicitait les particules à se mouvoir suivant une direction perpendiculaire à l'axe du tube. Les particules doivent alors rencontrer bientôt les parois; en d'autres termes, l'espace qu'elles peuvent parcourir dans ces conditions est le même que lorsque le tube est vertical; de là le rapprochement des valeurs 5.6 et 5.5.

Suivant Ebert, des liens intimes unissent le mouvement des molécules gazeuses et la pression critique (*Umkehrdruck*). Il a, d'ailleurs, démontré qu'il y a un rapport constant entre cette pression et le chemin moyen parcouru par les molécules.

Les résultats de notre travail, sans donner l'explication du phénomène, contribuent pourtant à faire naître la conviction que le mouvement des particules électrisées joue un rôle très considérable dans la façon dont s'effectue la décharge électrique au travers des gaz raréfiés; ils montrent également l'influence du magnétisme sur le mouvement de ces particules.

RECHERCHES SUR LA CONDUCTIBILITÉ ÉLECTRIQUE DES FLAMMES;
par Fernand Vanden Bossche, docteur en sciences
physiques et mathématiques.

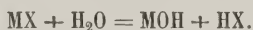
I. — Rôle de la vapeur d'eau dans la conductibilité électrique
des flammes.

INTRODUCTION.

Quelle influence la présence de la vapeur d'eau exerce-t-elle sur la conductibilité électrique de la flamme?

Quelques auteurs se sont déjà occupés de cette question, qui a donné lieu à des explications différentes.

Arrhenius (1) part de l'analogie qui existe entre les solutions et l'état gazeux; il est arrivé à la conclusion que les vapeurs des électrolytes, introduites dans un gaz, sont dissociées électrolytiquement. Il suppose que, quand un sel alcalin est introduit dans la flamme du gaz à éclairage, la plus grande partie des vapeurs d'eau présentes doit convertir le sel en hydroxyde, d'après la formule



L'hydroxyde est ensuite supposé se dissocier jusqu'à un certain point en ses ions respectifs.

C'est à cette conversion de chaque sel en hydrate, par les vapeurs d'eau présentes, qu'Arrhenius attribue l'égale conductibilité des différents sels d'un même métal.

(1) *Wiedem. Ann.*, vol. XLII, p. 18, 1891.

A. Smithells, H. Dawson et H. Wilson (1), pour vérifier cette hypothèse d'Arrhenius, ont employé la flamme du gaz cyanogène, qui ne contient pas de vapeurs d'eau.

Ils ont trouvé que cette flamme conduit parfaitement l'électricité; pourtant, comme ces savants le disent eux-mêmes, leurs recherches ne sont pas à l'abri de certaines critiques; il y a lieu notamment de remarquer que la température de la flamme du cyanogène est très différente de celle du gaz à éclairage, et l'influence de la température sur la conductibilité électrique des flammes est considérable. Ils ont également vérifié que l'introduction d'un grain de sel dans la flamme du cyanogène donne un haut degré de conductibilité à la flamme, ce qui montre qu'une forte conductibilité peut s'observer dans une flamme exempte d'hydroxyde.

E. Marx (2) part également de l'hypothèse d'Arrhenius; pour lui, la conductibilité électrique de la flamme résulte aussi de la présence de l'ion OH.

EXPÉRIENCES.

Pour me rendre compte de l'influence des vapeurs d'eau dans la conductibilité de la flamme, j'ai fait deux expériences différentes.

Dans la première, j'ai opéré au moyen d'un bec Bunsen,

(1) *Philosoph. Trans. (A)*, vol. CXCH, p. 90, 1900.

(2) *Wied. Ann.*, vol. II, p. 795, 1900.

communiquant d'un côté avec le gaz à éclairage et de l'autre avec une soufflerie d'air, actionnée par la conduite d'eau. Dans la partie supérieure de la flamme, j'ai placé horizontalement, à la même hauteur et à une distance égale à 5 millimètres, deux fils de platine formant circuit avec une pile Leclanché, un interrupteur et un galvanomètre Deprez-d'Arsonval, de sensibilité telle qu'un courant de 4.10^{-7} ampères correspondait à un déplacement d'un degré de l'échelle.

Après avoir placé dans la flamme, en dessous des fils, une petite cuillère en platine contenant du chlorure de sodium fondu (anhydre), le galvanomètre indiquait une déviation de 65 millimètres.

Ensuite j'ai intercalé, dans le tuyau de la soufflerie, un ballon en verre contenant de l'eau distillée, chauffée à environ 60°, et envoyant ainsi des vapeurs d'eau dans le bec Bunsen.

Cette fois, le galvanomètre marqua 70 millimètres. Il semble donc que la vapeur d'eau ajoutée n'ait pas eu une influence marquante sur la conductibilité, car les deux résultats obtenus peuvent être considérés comme égaux, étant donné l'ordre de grandeur des erreurs expérimentales.

Dans la seconde expérience, j'ai comparé la conductibilité de la flamme du gaz à éclairage, qui contient des vapeurs d'eau, à celle de la flamme de l'oxyde de carbone, complètement dépourvue de ces vapeurs.

L'appareil, identique au précédent, diffère de ce dernier en ce que j'ai été obligé d'abandonner la soufflerie, la combustion de l'oxyde de carbone mélangé d'air donnant une flamme trop petite et très irrégulière.

Ensuite, l'oxyde de carbone brûlant avec une flamme beaucoup plus petite que le gaz à éclairage, j'ai réduit la dernière de façon qu'elle eût la même grandeur que la première.

Cette réduction de la flamme, ainsi que la suppression de la soufflerie, abaissent considérablement l'intensité de la température de la flamme, ce qui entraîne une diminution correspondante de la conductibilité.

L'introduction du chlorure de sodium fondu (anhydre) dans la flamme du gaz à éclairage donna une déviation de 25 millimètres, tandis que dans la flamme de l'oxyde de carbone, la déviation correspondante fut un peu supérieure, soit 28 millimètres.

Ces résultats, pour ainsi dire identiques, obtenus avec deux flammes, dont l'une contient des vapeurs d'eau, tandis que l'autre en est complètement dépourvue, conduisent donc encore à la conclusion que les vapeurs d'eau n'exercent pas une influence notable sur la conductibilité.

En ce qui concerne l'ordre de grandeur de cette influence des vapeurs d'eau sur la conductibilité des flammes, il est difficile de donner une conclusion positive, vu que la température de la flamme, qui n'est pas la même pour des gaz différents, joue un rôle trop important dans cette question; de plus, par suite même de cette différence de température, la quantité de sel volatilisé varie avec la nature de la flamme; pourtant, la dernière expérience permet de conclure que la présence des vapeurs d'eau n'est pas indispensable pour rendre la flamme conductrice.

II. — Recherches sur le phénomène d'unipolarité que présente la conductibilité électrique de la flamme.

INTRODUCTION.

Depuis longtemps, il est connu qu'une conductibilité unipolaire existe dans les flammes.

Erman (1), en ayant recours à des électroscopes, a constaté que la flamme de l'esprit de vin, non isolée, conduit beaucoup mieux l'électricité positive que la négative; ce fait a encore été vérifié sur d'autres flammes par lui et par d'autres savants.

Hankel (2) dit que la conductibilité unipolaire est due à une certaine résistance qui s'oppose surtout au passage de l'électricité négative dans la flamme.

Cette résistance a son siège aux points où l'électricité pénètre dans la flamme, c'est-à-dire entre la surface des électrodes et la partie de la flamme qui les touche; c'est à cause de cette résistance que la grandeur de la surface de l'électrode négative exerce une influence considérable sur la conductibilité de la flamme.

D'après Hittorf (3), l'unipolarité ne peut provenir d'une polarisation des électrodes, vu que des courants alternatifs, passant au travers de la flamme, donnent une aussi grande déviation que si les courants allaient toujours dans le même sens.

Suivant Braun (4), on ne peut attribuer au déplacement

(1) *Gilb. Ann.*, vol. XI, p. 150, 1802.

(2) *Pogg. Ann.*, vol. CVIII, p. 225, 1850.

(3) *Pogg. Ann.*, Jubelb., p. 435, 1874.

(4) *Wiedem. Ann.*, vol. III, p. 436, 1878.

des gaz dans la flamme, le phénomène d'unipolarité.

Il semble donc que, jusqu'à présent, on n'ait pas encore fait des recherches méthodiques sur le phénomène d'unipolarité que présentent les flammes contenant des sels de différentes natures; je me suis proposé de faire cette étude.

PREMIÈRE SÉRIE D'EXPÉRIENCES.

J'ai préparé des solutions de concentration connue de quelques sels, au moyen desquelles j'ai fait trois séries d'expériences dans des conditions variées.

Pour que l'unipolarité soit bien manifestée, j'ai employé des électrodes de forme et de surface très différentes. L'une de ces électrodes est un fil de platine d'une longueur de 6 centimètres et de 1 millimètre de section, et l'autre est une plaque du même métal ayant 3 centimètres de longueur sur 1^{cm},5 de largeur.

Ces deux électrodes, placées parallèlement dans la flamme, à une distance de 6 millimètres, forment circuit avec le galvanomètre et avec la source d'électricité (piles ou accumulateurs), dont le courant peut être lancé dans les deux sens du circuit au moyen d'un commutateur.

J'ai employé pour ces expériences l'appareil de Beckmann (1). Il se compose d'un bec Bunsen spécial, dont le tube se divise en deux branches à la partie supérieure, donnant ainsi deux flammes se raccordant sur une longueur d'environ 4 à 5 centimètres.

Entre les deux branches du bec, en dessous de la flamme, se place un petit godet en porcelaine, de 10 cen-

(1) *Zeitschr. phys. Chem.*, vol. XXXV, p. 443, 1900.

timètres de longueur sur 2 centimètres de largeur et 2^{cm},5 de profondeur; on y introduit la solution saline ainsi qu'un tube poreux en porcelaine qui communique avec une boîte en fer, dans laquelle on peut comprimer l'air à une pression voulue, indiquée par un manomètre. Cet air comprimé passe lentement à travers les pores du tube plongé dans la solution et entraîne ainsi de petites particules de cette solution dans la flamme.

Ayant remarqué qu'une légère variation de la pression indiquée au manomètre exerçait une influence notable sur le courant électrique dans la flamme, j'ai tâché autant que possible de maintenir une pression constante pour toutes les expériences.

Le tableau suivant reproduit les résultats obtenus au moyen de cet appareil, la tension électrique étant de 1.5 volt.

Tableau I.

SOLUTIONS NORMALES.	Déviations sans pile.	DÉVIATIONS AVEC PILE = 1.5 VOLT.		
		Pôle négatif à la plaque.	Pôle négatif au fil.	Rapports.
KBr	5.5	63	4	15.7
NaBr	2.5	35	3	11.6
KCl	5.5	120.5	6	20
NaCl	3	40.5	3.5	11.5
MgCl ²	1.5	44	5	8.8
CaCl ²	2	24.5	7.5	3.4
SrCl ²	1.5	24	5	4.8
BaCl ²	1.5	34	6	5.7
BaNO ₃	2.5	35	9	3.9
ZnCl ²	1.5	20	8	2.5

La seconde colonne du tableau précédent donne les déviations du galvanomètre quand on met la pile hors du circuit, en laissant toutefois fonctionner la soufflerie; ce courant provient en grande partie de la différence de température des deux électrodes; il est de sens contraire au courant de la pile quand le pôle négatif de celle-ci est relié à la plaque de platine; à la déviation ainsi observée, il faut donc ajouter la déviation du courant sans pile; par contre, il faut la soustraire du courant donné par la pile quand l'électricité négative aboutit au fil de platine. Ces deux déviations ainsi corrigées figurent dans les troisième et quatrième colonnes. La dernière colonne donne le rapport des nombres inscrits dans les deux colonnes précédentes, donc une idée de l'intensité de l'unipolarité propre à chaque solution.

En examinant les nombres précédents, on remarque de suite que les quatre sels de potassium et de sodium donnent des unipolarités bien plus fortes que celles des autres sels de la série.

L'appareil de Beckmann que j'ai employé ne se prête pas bien à des recherches très précises; en effet, le passage de l'air par le tube poreux était souvent trop abondant, ce qui rendait les observations incorrectes, surtout lorsque j'employais une grande force électromotrice; en second lieu, certaines solutions de sels se fixaient tellement au tube poreux, qu'après plusieurs nettoyages à l'eau distillée, il restait toujours certaines particules de ce sel dans le tube; souvent même il conservait la teinte de la solution, ce qui rendait son emploi impossible pour d'autres solutions.

Or, en prenant un nouveau tube poreux, les résultats

obtenus avec celui-ci ne sont plus comparables avec ceux obtenus avec le précédent, vu que le passage de l'air comprimé, maintenu pourtant à une pression constante, peut se faire plus facilement ou plus difficilement dans le nouveau tube; ce fait a pour conséquence une différence dans la quantité de sel introduite dans la flamme, qui exerce une influence considérable sur la conductibilité électrique de la flamme.

Pour remédier à cet inconvénient, j'ai dû recourir à un autre mode d'introduction de la solution saline dans la flamme du gaz à éclairage.

SECONDE SÉRIE D'EXPÉRIENCES.

J'ai également employé un appareil dû à Beckmann (1), mais fondé sur un autre principe, nommément la pulvérisation de la solution employée au moyen d'une pression d'air comprimé; cet appareil est plus ou moins analogue au pulvérisateur employé par Gouy.

Une description détaillée de l'appareil en question se trouve à la page 472 du tome XL du *Zeitschrift für physikalische Chemie*, 1902.

Avant de passer aux divers résultats obtenus au moyen de ce nouvel appareil, une remarque importante s'impose d'abord :

Ayant remarqué que la flamme, libre de sel, possède une certaine conductibilité, laquelle donc est indépen-

(1) *Zeitschr. phys. Chem.*, vol. XL, p. 472, 1902.

dante du sel qu'on y introduit, j'ai déduit de la déviation observée au galvanomètre pour la flamme contenant un sel, la déviation obtenue pour la même flamme sans sel; ainsi, j'ai obtenu la déviation due à la présence du sel. Arrhenius, dans ses expériences, notait une certaine conductibilité de la flamme libre de sel immédiatement après l'introduction de la solution.

Il attribuait cette conductibilité à un dépôt de sel sur les électrodes qui y demeurait donc encore après l'arrêt du fonctionnement du pulvérisateur; ce dépôt, volatilisé par la flamme libre, rendait donc celle-ci plus ou moins conductrice.

L'effet en question n'était pas important dans le cas de l'introduction des sels alcalins, à cause de leur grande volatilité.

Le même effet fut noté plus tard par A. Smithells, H. Dawson et H. Wilson (1); ceux-ci pourtant l'attribuaient à une autre cause : ayant observé que la flamme libre restait très souvent colorée en dessous des électrodes et que le galvanomètre déviait normalement après la disparition complète de cette coloration, ils ont émis l'opinion que cette déviation anormale de la flamme libre de sel est l'effet de certaines particules de sel restées dans le tube allant du pulvérisateur au bec Bunsen et dans le bec même.

D'après mes observations, cette seconde explication semble être la plus exacte. En effet, après avoir nettoyé et séché le pulvérisateur, les tubes ainsi que l'intérieur

(1) *Philosoph. Trans. (A)*, vol. CXCH, p. 98, 1900.

du bec, la flamme libre donna une déviation beaucoup moindre qu'avant.

Voici dans quel ordre les différentes opérations sur une solution ont été faites :

Pour une solution normale de chlorure de sodium :

1. *Déviation sans sel :*

Électricité négative à la plaque. . . 11^{mm} (à droite du zéro)

— — au fil 1^{mm} (à gauche —)

2. *Déviation en employant du chlorure de sodium :*

I. La source d'électricité étant hors du circuit, 1^{mm} (à gauche).

II. Pour un voltage de 6 $\frac{1}{2}$ volts :

Électricité négative à la plaque. 45^{mm} (à droite)

— — au fil 5^{mm} (à gauche).

Pour avoir les valeurs corrigées des déviations, il faut soustraire les deux premiers nombres des deux derniers, ce qui donne 54 et 4; de ce dernier chiffre 4, il faut encore déduire la déviation sans piles, qui est 1, et l'ajouter au premier : donc il vient 53 et 5; le rapport de ces deux nombres donne une idée de la grandeur de l'unipolarité due au chlorure de sodium.

Le tableau suivant donne les différents résultats trouvés de la même façon avec une série de solutions normales, le courant étant égal à 6 $\frac{1}{2}$ volts.

Tableau II.

SOLUTIONS NORMALES.	SANS SEL.		EN SOUFFLANT DU SEL.			
	Plaque négative.	Fil négatif.	Sans piles.	Plaque négative.	Fil négatif.	Rapports.
NaCl	41	1	4	35	3	41.6
KCl	9	1	10	166	15	41
NaBr	40	1	2	27	2	43.5
KBr	9	1	6	92	9	40.2
KI	50	42	4	254	40	6.3
KOH	50	9	8	272	43	6.3
KNO ₃	50	40	8	228	32	7.1
MgCl ²	35	44	2	127	26	4.8
CaCl ²	22	42	1	99	50	2
SrCl ²	41	1	—	169	49	3
BaCl ²	30	25	—	300	150	2
BaNO ₃	50	40	5	305	135	2.1

Ce tableau, qui doit être considéré comme plus exact que le précédent, nous renseigne des résultats relativement correspondants à celui-ci. En effet, il donne également pour les sels des métaux monovalents des rapports plus grands que pour les autres sels, résultat qui sera encore confirmé dans les expériences qui suivent.

TROISIÈME SÉRIE D'EXPÉRIENCES.

Pour m'assurer de l'exactitude des résultats précédents, j'ai recommencé ces expériences en employant le même

appareil; toutefois, j'ai réduit le courant à une tension électrique de 1.5 volt; dans ces conditions, j'ai été obligé de donner à la soufflerie une pression un peu plus forte que précédemment, afin d'introduire plus de sel dans la flamme.

J'ai pu également me dispenser de faire la correction relative à la déviation sans sel, parce que je me suis aperçu que, dans le cas actuel, pareille correction n'influençait guère les résultats.

Voici le tableau des observations, le courant étant donc de 1,5 volt :

Tableau III.

SOLUTIONS NORMALES.	Sans pile.	Plaque négative.	Fil négatif.	Rapports.
NaCl	3	32	3	10.6
KCl.	14	79	7	11.2
NaBr	3	22	2	11
KBr.	14	84	8	10.5
KNO ₃	25	205	35	6
MgCl ²	8	58	22	2.7
CaCl ²	5	41	19	2.2
SrCl ²	5	50	25	2
BaCl ²	4	89	41	2.2
CaI ²	2	29	9	3.2
BaNO ₃	7	72	33	2.1
ZnCl ²	2.5	12.5	6.5	1.9
HgCl ²	2	10	6	1.5
CuCl ²	4	21	10	2.1
FeCl ²	2.5	12.5	6.5	1.9
Fe ² Cl ⁶	2	9	5	1.8
NH ⁴ Cl.	1.5	7.5	4	1.9

Les troisième et quatrième colonnes donnent les déviations dues à l'introduction du sel dans la flamme, c'est-à-dire que ces nombres sont corrigés de la déviation sans pile figurant dans la deuxième colonne.

Ces résultats concordent encore une fois avec ceux relevés dans les deux tableaux précédents.

Les sels des métaux monovalents donnent donc des unipolarités notablement supérieures à tous les autres sels. Le phénomène de l'unipolarité semble donc dépendre surtout de la nature du métal qui entre dans la composition du sel; il semble aussi être plus ou moins en relation avec la valence des métaux, puisque les sels des métaux monovalents se distinguent par le haut degré d'unipolarité qu'ils donnent à la flamme; le chlorure d'ammonium fait pourtant exception à cette règle.

J'ai également voulu étudier la façon dont se comportent quelques corps simples, tels que le chlore et le brome, en solution dans l'eau distillée et introduits dans la flamme du gaz à éclairage.

En opérant comme précédemment, j'ai obtenu pour un courant de $6\frac{1}{2}$ volts :

1. *Soufflant de l'eau distillée :*

Plaque négative	45 ^{mm}	} rapport = 5.6
Fil négatif	8 ^{mm}	

2. *Soufflant la solution d'eau de brome :*

Plaque négative	35 ^{mm}
Fil négatif	6 ^{mm}

3. *Soufflant de l'eau distillée :*

Plaque négative	35 ^{mm}	} rapport = 7
Fil négatif	5 ^{mm}	

4. *Soufflant la solution d'eau de chlore :*

Plaque négative	25 ^{mm}
Fil négatif	3.5 ^{mm}

En comparant ces différents nombres, on remarque de suite que la présence du brome et du chlore a pour conséquence une diminution de la conductibilité de la flamme; pour avoir une idée de la grandeur de l'unipolarité due au chlore et au brome, retranchons les déviations en soufflant de l'eau distillée de celles obtenues en soufflant les solutions des corps simples; il vient ainsi :

1. *Solution d'eau de brome :*

Plaque négative	— 10 ^{mm}	} rapport = 7
Fil négatif	— 2 ^{mm}	

2. *Solution d'eau de chlore :*

Plaque négative	— 10 ^{mm}	} rapport = 7
Fil négatif	— 1,5 ^{mm}	

La valeur de ces deux derniers rapports 5 et 7 diffère donc peu de celle des rapports obtenus pour la flamme libre, soit 5, 6 et 7.

Il semble donc que ces métalloïdes n'aient eu aucune action sur l'unipolarité.

Ces deux expériences ne permettent pourtant pas de tirer une conclusion tout à fait positive, vu que les nombres obtenus sont assez petits.

J'ai également voulu me rendre compte de l'action d'un métal pur dans la flamme; à cet effet, j'ai préparé

une solution de platine colloïdal, et j'ai obtenu avec celle-ci les résultats suivants :

1. *Soufflant de l'eau distillée :*

Plaque négative	35 ^{mm}	} rapport = 7
Fil négatif	5 ^{mm}	

2. *Soufflant la solution de platine colloïdal :*

Plaque négative	65 ^{mm}
Fil négatif	7 ^{mm}

L'introduction du platine augmente donc la conductibilité de la flamme.

Soustrayons les deux premières déviations des secondes, il vient 50 et 2, dont le rapport 15 nous donne une idée de l'unipolarité due à la présence du platine; elle est donc très considérable, ce qui semble prouver que c'est le métal qui joue le rôle prépondérant dans le phénomène de l'unipolarité.

Cette observation est encore confirmée par le fait que le chlorure d'ammonium a une unipolarité très faible, tandis que le chlorure de sodium, le chlorure de potassium, etc., ont une unipolarité très grande.

Influence de la concentration.

J'ai étudié l'influence du degré de concentration des solutions sur le phénomène d'unipolarité.

Ces expériences ont été effectuées au moyen du pulvérisateur de Beckmann. Dans ces recherches, j'ai tenu compte des déviations de la flamme libre de sel, en ce

sens que je les ai déduites des déviations obtenues avec sel.

Dans les tableaux suivants, l'ordre suivi est le même que dans le tableau II qui précède.

J'ai opéré sur des solutions de diverses concentrations d'iodure de potassium, de chlorure de sodium et de chlorure de strontium, la tension électrique employée étant de 9 volts.

Tableau IV.

SOLUTIONS.	SANS SEL.		SANS PILES.	AVEC PILES = 9 VOLTS.		
	Plaque négative.	Fil négatif.		Plaque négative.	Fil négatif.	Rapports.
$\frac{N}{20}$. KI.	30	1	2	42	4	10.5
$\frac{N}{10}$. KI.	33	1	2	99	9	11
$\frac{N}{5}$. KI.	35	1	2	157	12	13
$\frac{N}{2}$. KI.	40	1	3	197	14	14.3
N . KI.	40	1	3	253	16	15.7
$\frac{N}{4}$. NaCl	30	3	—	20	2	10
$\frac{N}{2}$. NaCl	30	3	—	35	3	11.6
N . NaCl	30	3	—	60	5	12

Tableau IV (suite).

SOLUTIONS.	SANS SEL.		SANS PILES.	AVEC PILES = 9 VOLTS.		
	Plaque négative.	Fil négatif.		Plaque négative.	Fil négatif.	Rapports.
$\frac{N}{32}$. SrCl^2	35	1	—	40	2	5
$\frac{N}{16}$. SrCl^2	35	1	—	15	3	5
$\frac{N}{8}$. SrCl^2	35	1	—	25	5	5
$\frac{N}{4}$. SrCl^2	35	1.5	—	30	5.5	5.5
N . SrCl^2	35	2	—	44.5	28	5.2

En examinant attentivement les séries de nombres figurant dans la dernière colonne, nous remarquons de suite que ces nombres, proportionnellement à la différence de la concentration, n'augmentent que très peu, c'est-à-dire que la concentration n'a pas une influence marquante sur l'unipolarité; pourtant, cette augmentation des rapports est bien plus sensible pour les solutions de potassium et de sodium que pour celle du strontium, où elle est négligeable.

Influence du voltage.

J'ai employé l'action de courants de divers voltages sur une solution normale de chlorure de sodium, une solution $\frac{1}{32}$ normale d'iodure de potassium, une solu-

tion $\frac{1}{10}$ normale de chlorure de strontium et enfin une solution normale de chlorure de calcium.

Les résultats obtenus sont inscrits dans le tableau V qui suit :

Tableau V.

SOLUTIONS NORMALES.	SANS SEL.		SANS PILES.	AVEC PILES.		
	Plaque négative.	Fil négatif.		Plaque négative.	Fil négatif.	Rapports.
NaCl — 4.7 volt.	40	— 4	4	21	2	40.5
NaCl — 9 »	35	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	75.5	6	42.5
NaCl — 18 »	50	3	4	121	9	43.2
NaCl — 46 »	100	40	4	161	12	43.4
Solutions $\frac{N}{32}$.						
KI — 4.7 volt.	7	4	0	23	2	41.5
KI — 9 »	35	2	4	120	10	42
Solutions $\frac{N}{40}$.						
SrCl ² — 4.7 volt.	7	0	0	7	2	3.5
SrCl ² — 9 »	50	4	0	30	5	6
SrCl ² — 20 »	60	6	0	50	6	8.2
SrCl ² — 46 »	100	11	0	140	16	8.8
Solutions N.						
CaCl ² — 4.7 volt.	7	0	0	8	3	2.7
CaCl ² — 9 »	35	4	0	30	8	3.7
CaCl ² — 15 »	50	8	0	30	7	4.3
CaCl ² — 22 »	55	12	0	60	12	5
CaCl ² — 46 »	100	16	0	120	20	6

Dans le cas de l'iodure de potassium et du chlorure de strontium, j'ai été obligé d'employer des solutions diluées, vu que les déviations obtenues avec des solutions plus concentrées sortaient de l'échelle; même pour l'iodure de potassium, l'emploi d'un courant supérieur à 9 volts donna lieu à des oscillations ne permettant plus une lecture exacte.

Les rapports correspondant aux différents voltages, employés pour les solutions des métaux monovalents, varient relativement peu, tandis que les rapports trouvés pour les deux autres sels augmentent assez sensiblement avec le voltage; l'effet du voltage sur l'unipolarité semble donc être considérable pour les sels des métaux bivalents et négligeable pour ceux des métaux monovalents, ce qui est le contraire de ce que j'ai observé pour l'effet de la concentration.

Avant d'aborder les conclusions relatives à ce travail, j'ajouterai que l'intensité de la température des électrodes exerce une grande influence sur le phénomène de l'unipolarité : en effet, dès les premières expériences, j'ai remarqué que le courant était plus fort quand l'électrode négative était très chaude et l'électrode positive moins chaude que dans le cas contraire; en refroidissant suffisamment l'électrode négative, je suis même parvenu à changer le sens de l'unipolarité de la flamme; seulement, les déviations ainsi observées étaient loin d'être constantes, vu que la plupart du temps l'électrode négative ne rasait que le bord de la flamme et n'y plongeait plus par moments. Aussi, dans toutes les expériences qui précèdent, j'ai tâché de maintenir les électrodes à la même distance et surtout à la même place dans la flamme, celle-ci ayant toujours une grandeur constante. De cette

façon, je me suis toujours trouvé dans les mêmes conditions de température des électrodes.

Dans des recherches comme celles que j'ai entreprises dans ce travail, on ne peut prétendre à une exactitude rigoureuse, parce que les causes d'erreur sont multiples et variées; pourtant, comme j'ai eu soin de répéter un grand nombre de fois les expériences, les chiffres obtenus peuvent être considérés comme des moyennes dont le degré de certitude est amplement suffisant.

CONCLUSIONS.

Si on jette un coup d'œil sur les divers résultats trouvés dans toutes les expériences précédentes, on remarque que les sels de baryum, de strontium, de calcium, de magnésium, etc., donnent en général une grande conductibilité à la flamme, quoique l'unipolarité correspondante soit très petite. On pourrait se demander si le phénomène de l'unipolarité n'est pas en relation avec la conductibilité même; or, les résultats obtenus avec l'iodure de potassium montrent que ce sel donne également une grande conductibilité à la flamme, seulement son unipolarité cette fois est très grande; donc la grandeur de la conductibilité n'intervient pas dans celle de l'unipolarité.

A. Smithells, H. Dawson et H. Wilson (1) ont étudié la conductibilité de la flamme. Ils admettent que cette conductibilité se fait par l'intermédiaire des ions positifs et négatifs qui résultent de la décomposition du sel.

(1) *Philosoph. Trans.*, vol. CXCH (A), p. 523.

Ils ont cherché à calculer les vitesses des ions et ils ont trouvé ainsi que ces vitesses peuvent se classer en trois catégories différentes :

- 1) Les ions négatifs des sels de Li, Na, K, Rb, Ca, Sr et Ba ayant une vitesse de 26 centimètres par seconde;
- 2) Les ions positifs des sels de Li, Na, K, Rb, ayant une vitesse de $7^{\text{cm}},2$ par seconde;
- 3) Les ions positifs des sels de Ca, Sr et Ba ayant une vitesse de $3^{\text{cm}},8$ par seconde.

A première vue, il y a une relation frappante entre ces résultats et ceux de mes expériences : c'est que, si l'on jette un coup d'œil sur les trois premiers tableaux, on remarque que les sels s'y trouvent classés comme ci-dessus.

Ceci amène à penser que c'est à la différence de vitesse des ions que l'on pourrait attribuer les grandes différences d'unipolarité manifestées par les sels de ces groupes.

Voyons si nous pouvons expliquer réellement les faits au moyen de cette hypothèse.

Les ions négatifs des sels de sodium, de potassium, de calcium, de baryum et de strontium ont la même vitesse, tandis que les ions positifs des deux premiers sels et ceux des trois autres ont des vitesses qui valent respectivement environ le tiers et le septième de la vitesse des ions négatifs. Si l'unipolarité est due à la différence de vitesse des ions positifs et négatifs, elle sera nulle dans le cas où cette différence est elle-même nulle; donc, plus cette différence sera considérable, plus l'unipolarité sera grande. D'après ce raisonnement, et en se basant sur les nombres donnés par Smithells, Dawson et Wilson, on arrive à la conclusion que les sels de baryum, stron-

tium, calcium, etc., donneront à la flamme des unipolarités bien supérieures à celles données par les sels de potassium, de sodium, etc., en supposant toutefois que la vitesse des ions seule intervienne dans l'explication du phénomène. Or, dans mes expériences, j'ai toujours observé le contraire.

Sans écarter d'une manière absolue la possibilité de l'influence d'une différence de vitesse entre les particules positives et négatives, je crois qu'il est certainement nécessaire de chercher une explication du phénomène de l'unipolarité dans d'autres causes.

D'après les travaux de Hittorf, Wilson, Thomson et d'autres savants encore, il semble certain que la formation des particules nécessaires à la conductibilité de la flamme n'a lieu qu'à la surface de contact des électrodes et du gaz, et principalement à l'électrode négative; par conséquent, plus la surface de cette électrode sera grande, plus aussi sera intense le passage du courant.

On peut concevoir que cette influence de l'électricité négative sur la formation des particules soit plus considérable pour les sels des métaux monovalents que pour ceux des métaux plurivalents. Dans ce cas, il semble évident que la différence de conductibilité, suivant que l'électricité négative s'écoule par l'électrode de grande surface et de surface moindre, sera plus accentuée pour les sels de la première catégorie que pour ceux de la deuxième, c'est-à-dire que les premiers manifesteront une unipolarité plus grande.

Cette influence de l'électricité négative peut être une fonction de la tension électrique, et il peut ainsi se faire que les sels de la deuxième catégorie subissent davantage l'influence de cette tension électrique.

De là l'explication du fait que l'unipolarité des sels de calcium, baryum, strontium, magnésium, etc., croît considérablement avec le voltage.

Cette dernière hypothèse mériterait pourtant une plus ample confirmation.

Ce travail a été fait au laboratoire de physique de l'Université de Louvain.

Je me fais un devoir d'adresser tous mes remerciements à mon savant maître, M. le Prof^r Alex. de Hemptinne, pour les bienveillants et utiles conseils qu'il m'a donnés pendant toute la durée de mes recherches.

Louvain, le 24 juin 1903.

Observations sur quelques acides dibasiques et sur l'acide phénylglycolique ()*; par le Dr W. Oechsner de Coninck et Raynaud.

Nous avons continué nos recherches sur la stabilité des acides organiques dibasiques, en étudiant l'action de l'acide sulfurique sur les acides glutarique, sébacique, éthyl-malonique, subérique, isosuccinique et phtaliques.

L'acide minéral était employé en fort excès; l'application de la chaleur était faite très progressivement, de manière que l'on pût saisir le moment où la décomposition commençait.

L'acide glutarique offre une assez grande résistance; il est moins facilement attaqué que l'acide pyrotartrique,

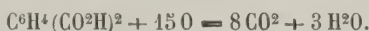
(*) Institut de chimie générale de l'Université de Montpellier.

son isomère, ce qui confirme nos résultats antérieurs, d'après lesquels tout acide renfermant un groupe (CH) est moins résistant qu'un acide renfermant des groupes (CH²). L'acide sébacique est peu résistant, ce qui peut s'expliquer par la longue chaîne de huit groupes CH² que renferme sa molécule.

L'acide subérique est un peu plus résistant que le précédent, car il renferme seulement six groupes CH²; par contre, il est moins résistant que l'acide glutarique dont la molécule ne contient que trois groupes CH². Sur ce point aussi, nos premières recherches se trouvent confirmées. L'acide éthyl-malonique est assez résistant; l'acide isosuccinique l'est très peu. La réaction de SO⁴H² fournit un bon moyen de distinguer l'acide succinique d'avec l'acide isosuccinique. Les trois acides phtaliques présentent une résistance remarquable vis-à-vis de SO⁴H². L'acide ortho, chauffé avec un très fort excès de SO⁴H², fournit un sublimé, renfermant principalement de l'anhydride phtalique. Ce n'est qu'au bout d'un temps assez long qu'apparaît CO², et SO² ne se montre que très tard. Ainsi, dans une expérience, nous avons chauffé le ballon plus rapidement et plus fortement qu'à l'ordinaire, pendant une heure quarante-cinq minutes, sans voir apparaître l'anhydride sulfureux.

Pyrogénéation de l'acide ortho-phtalique. — Nous avons pyrogéné cet acide au contact de la pierre ponce et en opérant comme nous l'avons indiqué dans une note présentée à l'Académie royale en juin 1903. Nous avons constaté 1° qu'une partie de l'acide se transforme d'abord en anhydride; 2° qu'une autre partie, très faible il est

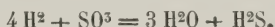
vrai, fournit de la benzine; 5° qu'une autre partie donne CO² sans autres gaz :



Acide phénylglycolique. — L'un de nous a montré récemment que cet acide se décompose, sous diverses conditions, en donnant les deux réactions que voici :



En chauffant cet acide avec un excès d'acide sulfurique étendu d'un volume d'eau, nous avons pu constater, dans plusieurs expériences, la formation d'un peu d'hydrogène sulfuré. Nous pensons que l'hydrogène dégagé d'après la réaction (1) a réduit une partie de l'acide sulfurique dans le sens suivant :



Ce fait nous a paru digne d'être signalé.



OUVRAGES PRÉSENTÉS.

Folie (F.). Trente-cinq années de travaux mathématiques et astronomiques (2^e partie). Rome, 1903; extr. in-4^o (40 p.).

Firket (Ad.). Rapport sur la situation de l'industrie minérale et métallurgique dans la province de Liège, 1902. Liège, 1903; in-8^o (39 p. et 1 tableau).

Van der Stricht (O.). La structure et la polarité de l'œuf de chauve-souris (*V. Noctula*). Communication préliminaire. Nancy, 1903; extr. in-8^o (6 p.).

Bosmans (H.). La carte lunaire de Van Langren, conservée aux Archives générales du Royaume, à Bruxelles. Louvain, 1903; extr. in-8^o (36 p. et 1 carte).

Tackels (C.-J.). Avant-projet d'une exposition internationale de navigation, marine et colonies. Lignes maritimes. Le Congo belge et la Chambre des communes anglaises. Bruxelles, 1903; in-8^o (100 p.).

Vial. Purification des eaux résiduaires. Bruxelles, 1903; in-8^o (24 p.).

ALLEMAGNE ET AUTRICHE-HONGRIE.

Hellmann (Dr G.). Regenkarte der Provinzen Hessen-Nassau und Rheinland sowie von Hohenzollern und Oberhessen. Berlin, 1903; in-8^o (55 p. et 1 carte).

HAMBOURG. *Deutsche Seewarte* Atlantischer Ozean. Ein Atlas von 39 Karten, die physikalischen Verhältnisse und die Verkehrs-Strassen darstellend, mit einer erläuternden Einleitung und als Beilage zum Segelhandbuch für den Atlantischen Ozean. 2. Auflage. 1902; in-folio.

HAMBURG. *Handelsstatistisches Bureau*. Uebersichten, 1902, in-4°.

VIENNE. *K. k. Central-Anstalt für Erdmagnetismus*. Jahrbücher, 1901; in-4°.

— *K. k. Universitäts-Sternwarte*. Annalen, Band XVI, 1902; in-4°.

— *Bosnisch-Hercegovinische Landesregierung*. Ergebnisse der meteorologischen Beobachtungen, 1899; in-4°.

BRUNN. *Naturforschender Verein*. Verhandlungen, Band XL, 1901, und XX. Bericht.

GRATZ. *Naturwissenschaftlicher Verein*. Mitteilungen, 1902.

POSEN. *Société des Amis des sciences*. Annales, tomes XXV-XXIX, 1898-1902.

STUTTGART. *Verein für vaterländische Naturkunde*, Jahreshefte, 59. Jahrgang, 1903.

SÈVRES. *Comité international des poids et mesures*. Procès-verbaux des séances, 1903.

Lockyer (J.-S.). On a probable relationship between the solar prominences and corona. Londres, 1903; extr. in-8° (8 p.).

Eashforth (Francis). A historical sketch of the experimental determination of the resistance of the air to the motion of projectiles. Cambridge, 1903; in-8° (30 p.).

Coghlan (T.-A.). The decline in the birth-rate of New South Wales and other phenomena of child-birth. An essay in statistics. Sydney, 1903; in-8° (69 p.).

Rodriguez (Angelo). Elenco delle stelle doppie rinvenute nelle lastre fotografiche pubblicate nel 1° volume del catalogo fotografico stellare, corrispondente alla zona vaticana. Rome, 1903; extr. in-4° (8 p.).

NAPLES. *Zoologische Station*. Jahresbericht für 1902.

Ghica (Dimitrie Ion). Istorüle lui Erodote. Bucarest, 1902; in-8° (iv-306 p.).

Lonborg (Sven). Sveriges Karta, tiden till omkring 1850. Upsal, 1903; in-8° (iv-242 p.).

UPSAL. *Universitet*. Arsskrift, 1902; in-8°.

— Bulletin mensuel de l'Observatoire. 1902; in-4°.

BUCAREST. *Académie roumaine*. Annales, tomes XXIV et XXV, 1901-1903; 4 vol. in-4°.



ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1903. — N^{os} 9-10.

CLASSE DES SCIENCES.

Séance du 10 octobre 1903.

M. P. MANSION, directeur, président de l'Académie.

M. le chevalier EDMOND MARCHAL, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. Léon Fredericq, *vice-directeur* ;
G. Dewalque, Éd. Van Beneden, C. Malaise, F. Folie,
Jos. De Tilly, Ch. Van Bambeke, Alfr. Gilkinet, G. Van
der Mensbrugghe, W. Spring, Louis Henry, M. Mourlon,
P. De Heen, C. Le Paige, J. Deruyts, J. Neuberg,
A. Lancaster, *membres* ; M. Delacre et Aug. Lameere,
correspondants.

MM. Lagrange, Fraipont, Jorissen et Pelseneer écrivent pour motiver leur absence.

M. le Secrétaire perpétuel fait savoir que M. Laurent, au moment de son départ pour le Congo, le 31 août dernier, l'a prié de bien vouloir être son organe auprès de ses confrères pour leur exprimer ses adieux. M. Marchal donne, en même temps, lecture d'une lettre de M. Laurent remerciant la Classe pour les félicitations qu'elle lui a votées à l'occasion de sa nomination de chevalier de l'Ordre de Léopold.

CORRESPONDANCE.

M^{me} veuve Alphonse Renard remercie la Classe pour les condoléances qui lui ont été adressées au sujet de la mort de son mari.

— M. le Ministre de l'Agriculture propose d'introduire des changements dans la commande des bustes des académiciens décédés, afin d'obvier aux critiques dont nombre de ces bustes ont été l'objet. Renvoi à l'Assemblée générale des trois Classes de mai 1904.

— M. Charles Lagrange demande le dépôt dans les archives de l'Académie de quatre billets cachetés concernant le *potentiel de l'attraction*. Ils portent les dates des 5, 10 et 20 septembre et du 2 octobre 1903. — Accepté.

— M. Charles Plon, de Huppaye, par lettre du 8 août, demande également le dépôt d'un billet cacheté (*Dessin*

et description d'un appareil propre à la marche des navires de tout tonnage). — Accepté.

— M. Malaise présente, pour l'*Annuaire* de 1904, sa notice sur Charles de la Vallée Poussin. — Remerciements.

— M. le Ministre de l'Intérieur envoie, pour la bibliothèque de l'Académie, un exemplaire des *Archives de biologie*, tome XIX, fascicule 4, publiées par MM. Éd. Van Beneden et Ch. Van Bambeke. — Remerciements.

— Le *Natuur- en geneeskundig Congres* adresse les *Handelingen* du sixième congrès flamand, tenu à Courtrai en 1902.

— Le Conseil permanent international pour l'exploration de la Mer, envoie :

1° *Bulletin des résultats acquis pendant les courses périodiques*, n^{os} 1 à 3;

2° *Publications de circonstance*, n^{os} 1 à 5.

— L'*Ateneo di Brescia* envoie un exemplaire du livre publié et de la plaquette en bronze frappée à l'occasion de son centième anniversaire de fondation, 1802-1902. — Remerciements.

— M. Dewalque fait hommage d'un exemplaire de la seconde édition de sa *Carte géologique de la Belgique et des provinces voisines*. Échelle $\frac{1}{500\ 000}$. 1905.

M. le Directeur remercie M. Dewalque et lui adresse en même temps les félicitations de la Classe.

— Hommages d'ouvrages :

1° *Recherches de biologie expérimentale appliquée à l'agriculture*; par Ém. Laurent, tome I;

2° *Réaction de l'apiol. — Arséniate sodique et liqueur Pearson. — Recherche des peroxydes dans l'éther, etc.*; 7 extraits, par A. Jorissen;

5° *Le second viaduc sur la Pétrusse à Luxembourg*; par Eugène Ferron;

4° *Annuaire astronomique de l'Observatoire royal de Belgique, 1904*; par G. Lecointe, directeur du service astronomique;

5° A. *Observations sur quelques plantes nouvelles de Namur et de Luxembourg*; B. *Note sur quelques observations botaniques faites au parc de Weillen*; par E. Pâque;

6° *Recherches sur l'origine de l'appareil vasculaire sanguin chez les Amphibiens*; par A. Brachet;

7° *Recherches sur l'origine et sur la structure et la signification du noyau vitellin de Balbiani chez les oiseaux*; par F. D'Hollander;

8° *Description des Échinides crétacés de la Belgique : X. Étude monographique sur le genre Echinocorys*; par J. Lambert;

9° *Les théories physico-chimiques*, 5^e édition; par A. Reychler. — Même ouvrage traduit en langues hongroise, allemande et russe. — Remerciements.

— Travaux manuscrits à l'examen :

1° *Sur quelques propriétés optiques de la monazite de Nil-Saint-Vincent (Brabant) et sur la présence de la xénoïme dans le même gisement*; par W. Prinz, professeur à l'Université de Bruxelles. — Commissaires : MM. Cesàro et Malaise;

2° *Sur la série de Lagrange et ses applications*; par F. Gomes Teixeira, professeur à l'Académie polytechnique de Porto. — Commissaires : MM. de la Vallée Poussin, Mansion et Deruyts.

— Par circulaire du 28 juillet 1905, M. Foster, président du Comité international de l'Association des Académies, demande que l'Académie royale de Belgique donne son approbation à la constitution d'un Comité central, composé de sept membres, pour la question de l'anatomie de l'encéphale.

M. Foster envoie, à cet effet, un exemplaire du rapport présenté par la Société royale des sciences de Leipzig sur cette question, et signé par ses deux délégués, Paul Flechsig et Wilhelm His. — Renvoi à l'examen de MM. Vanlair, Masius et Léon Fredericq.

RAPPORTS.

Sur l'avis de MM. De Heen et Van der Mensbrugghe, une note de M. Aug. Meuris (*Sur la nature de l'électricité*) sera déposée aux archives.

Contribution à l'étude de la dissociation des corps dissous;
par Ad. Vandenberghe.

Rapport de M. W. Spring, premier commissaire.

« M. Vandenberghe s'est demandé pourquoi les *poids moléculaires* que donne l'ébullioscopie ne concordent pas toujours avec les *poids théoriques*.

Dans deux travaux, insérés dans notre *Bulletin* de 1899 et de 1900, l'auteur a fait voir que la *dissociation* des corps dissous augmente avec le point d'ébullition du dissolvant et que, d'autre part, leur *association* augmente avec la concentration.

On se trouve donc, d'après cela, en présence de phénomènes comparables à ceux que l'on observe lors de la dissolution des gaz.

Aujourd'hui, l'auteur s'est demandé quelle pouvait être l'influence des corps étrangers sur le degré de dissociation d'un corps dans un solvant. Cette étude a été conduite d'après la méthode de l'*ébullioscopie*, comme les précédentes, en variant autant que possible les matières mises en présence.

La conclusion générale de ces recherches complémentaires est que les corps dissous ne se comportent pas, dans tous les cas, à la manière des gaz. Leur dissociation, ou leur association moléculaire, n'est absolument pas indépendante de la présence de matières inertes, comme c'est le cas pour les corps à l'état de gaz. Le phénomène paraît, ici aussi, plus compliqué qu'un premier examen ne l'avait fait penser.

J'ai l'honneur de proposer l'insertion du travail de M. Vandenberghe dans le *Bulletin* de la séance. »

—

Rapport de M. Henry, deuxième commissaire.

« Tout en laissant à l'auteur la responsabilité des idées générales émises dans le dernier paragraphe de son mémoire, je suis d'avis, comme M. Spring, d'insérer celui-ci dans le *Bulletin*. » — Adopté.

Action de l'acide sulfurique sur le sulfure de phényle ;
par Ed. Bourgeois et Karl Petermann.

Rapport de M. W. Spring, premier commissaire.

« Les auteurs ont fait réagir l'acide sulfurique avec le sulfure de phényle en vue de déterminer l'influence qu'exerce le soufre, dans le noyau benzène, sur l'aptitude des atomes d'hydrogène à se laisser remplacer par des groupes sulfoniques — SO_3H . Ils ont constaté que ceux des atomes d'hydrogène qui se trouvent dans la position *para* relativement au soufre du sulfure de phényle, cèdent le plus facilement leur place quand on opère à chaud, tandis qu'à froid, les atomes de la position *ortho* se trouvent aussi remplacés. Quant à ceux de la position *méta*, ils semblent résister à la réaction de l'acide sulfurique.

J'ai l'honneur de proposer l'insertion de cette note dans le *Bulletin* de la séance. »

M. Henry, second commissaire, déclarant se rallier à cette proposition, celle-ci est adoptée par la Classe.

Sur quelques dérivés sulfurés du sulfure de phényle ;
par Ed. Bourgeois et Karl Petermann.

Rapport de M. W. Spring, premier commissaire.

« Après avoir établi (voir le rapport précédent) que l'acide sulfurique produit deux acides sulfoniques isomères dans sa réaction avec le sulfure de phényle, les

auteurs ont procédé à la préparation et à l'étude de quelques dérivés de ces acides. Ils font connaître :

1° L'éther méthylique de l'acide di-p. sulfonique du sulfure de phényle;

2° La di-p. sulfamide;

3° La di-p. sulfanilide;

4° L'acide di-p. sulfoneux;

5° Le di-p-thiol;

6° Son éther méthylique;

7° L'anhydride di-p. chlorosulfonique de la sulfobenzide;

8° L'anhydride di-v. chlorosulfonique sur sulfure de phényle;

9° La sulfobenzide di-v. chlorosulfonique.

J'ai l'honneur de proposer l'insertion de ce travail dans le *Bulletin* de la séance. »

Cette conclusion, à laquelle se rallie M. Henry, second commissaire, est adoptée par la Classe.

De la résistance de l'air. Expériences, études et formules nouvelles d'aérodynamique. De la puissance nécessaire pour entretenir le planement horizontal ; par Arthur Cabuy.

Rapport de M. De Heen, premier commissaire.

« On peut diviser le travail de M. Cabuy en trois parties principales. La première partie contient cinq nouvelles équations d'aérodynamique, ainsi que les expériences qui devraient les prouver.

La seconde partie renferme : 1° une analyse critique des expériences entreprises par d'autres expérimentateurs, dont les résultats ne concordent pas avec les formules de l'auteur (Langley) ; 2° l'analyse d'expériences dont les résultats sont concordants (Tissandier) ; 3° une série d'expériences de l'auteur.

La troisième partie comprend de nombreux tableaux du travail nécessaire au vol mécanique, établis d'après les formules de l'auteur, de Renard et de Langley, ainsi que des tableaux donnant les dimensions et les poids des différentes parties des appareils, enfin quelques méthodes expérimentales avec ces appareils.

M. Cabuy ne nous dit pas comment il a établi ses formules, qui ont une apparence bizarre. L'auteur aurait pu sans aucun doute leur donner une forme plus simple ; elles ne s'accordent du reste pas suffisamment avec les expériences connues et les matériaux présentés sont trop peu nombreux pour permettre une conclusion définitive.

La critique des expériences de Langley est juste, mais la méthode de l'auteur ne semble pas non plus à l'abri de critiques.

Nous estimons qu'il y a lieu d'engager l'auteur à poursuivre ses intéressantes recherches, mais qu'il n'y a pas lieu d'ordonner l'impression du travail dans son état actuel : 1° parce que les expériences nouvelles ne sont pas suffisamment nombreuses ; 2° parce que ses équations présentent une complication que rien ne justifie. »

—

Rapport de M. De Tilly, second commissaire.

« Je me rallie aux conclusions du rapport de mon savant confrère, M. De Heen. J'ajoute que, en supposant

les expériences et les équations irréprochables, ce ne serait pas encore à l'Académie, d'après moi, mais bien à une société savante plus spéciale, par exemple à une association d'ingénieurs s'occupant d'aviation, que l'auteur devrait soumettre un travail aussi développé.

Ce que l'on pourrait insérer dans le *Bulletin* de l'Académie, conformément aux usages, ce serait une notice très courte, résumant le mémoire, lorsque celui-ci serait imprimé et présenté à la Classe comme hommage. » — Adopté.

COMMUNICATIONS ET LECTURES.

Une réaction sensible du titane. — Présence de composés titaniques dans le terrain houiller de Liège ; par A. Jorissen, professeur à l'Université de Liège, correspondant de l'Académie.

Arno Schumann a montré (1) que le chlorure de titane donne avec le benzophénol un composé cristallin rouge de la formule $(C^6H^5O)^4TiHCl$; quand on chauffe une solution de sulfate de titane en présence d'acide salicylique, le liquide prend une coloration jaune, puis abandonne peu à peu un précipité jaune et, d'après Acker-

(1) *Ber. d. deutsch. Chem. Gesellschaft*, t. XXI, p. 1079.

mann (1), une solution d'acide titanique dans l'acide sulfurique se colore intensément en présence de divers composés à fonction phénolique, et peut être utilisée comme réactif de ceux-ci.

Cette réaction du « sulfate de titane » sur la solution sulfurique d'acide salicylique, notamment, est d'une grande sensibilité.

Par un procédé très simple et très expéditif, elle permet de reconnaître beaucoup de matières minérales titanifères telles qu'il s'en trouve dans le sol de la Belgique; elle permet aussi de déceler rapidement les composés titaniques en présence des composés cériques lorsque le peroxyde d'hydrogène révèle l'existence éventuelle des uns et des autres (2).

Dans l'occurrence, on peut rapidement distinguer les composés du titane de ceux du cérium en procédant de la manière suivante : On mélange une minime quantité du produit à examiner, à l'état solide, avec six fois autant de sulfate acide de potassium, on fait adhérer ce mélange à la boucle d'un fil de platine et on le fond à la flamme jusqu'à ce que la perle ne se boursoufle plus.

D'autre part, on dissout 1-2 centigrammes d'acide salicylique dans vingt à trente gouttes d'acide sulfurique

(1) *Revue de chimie industrielle*, t. VI, p. 130. D'autre part, Denigès (*Chimie analytique*, 1903, p. 44) mentionne l'hydroquinone en solution sulfurique comme réactif des composés titaniques.

(2) Voir, pour ce qui concerne la réaction du peroxyde d'hydrogène sur les composés de titane : SCHÖNN, *Zeitschrift f. anal. Chemie*, t. IX, p. 44; PICINI, WELLER, CLASSEN, *Ber. d. deutsch. Chem. Gesellschaft*, t. XV, pp. 2599 et suiv.; t. XX, p. 370; t. XXI, p. 1391

concentré et on introduit la perle dans le liquide incolore où on la divise au moyen d'une baguette de verre. Quand il s'agit du titane, les fragments se colorent en rouge et la coloration rouge se communique peu à peu au liquide.

Elle disparaît immédiatement par addition d'eau. Des traces d'acide titanique suffisent pour que la réaction se manifeste avec beaucoup de netteté ; une minime parcelle de rutilé fournit une perle qui donne à la solution d'acide salicylique dans l'acide sulfurique une coloration rouge sang. Dans les conditions indiquées, la perle obtenue au moyen des composés de cérium ne se teinte pas plus que le liquide, et la réaction se produit nettement quand on opère sur un mélange de composés cériques et titaniques.

Soumis au même traitement, les composés de fer, d'aluminium, de glucinium, de lanthane, de didyme, de thorium, de zirconium, de chrome et de silicium se distinguent aussi de ceux du titane qu'ils peuvent accompagner lors des séparations, car ils ne colorent pas la solution sulfurique d'acide salicylique.

La réaction n'est pas applicable en présence des combinaisons du vanadium, du molybdène et surtout du tungstène, lesquels appartiennent du reste à un autre groupe au point de vue analytique (1).

Un mélange d'anhydride silicique et d'acide métatitanique renfermant un millième de ce dernier composé, soumis à l'essai décrit plus haut, a donné une perle dont

(1) En présence du molybdène, le produit de la fusion prend une teinte bleuâtre, le vanadium et le tungstène donnent des perles se colorant en brun dans la solution sulfurique d'acide salicylique.

les fragments se coloraient manifestement en rose dans la solution sulfurique d'acide salicylique.

Ce procédé, comme on le verra plus loin, peut donc fournir rapidement d'utiles indications dans les cas assez fréquents où des composés du titane accompagnent ceux du silicium et se séparent des solutions en même temps que l'acide silicique.

*
* *

Les observations qui ont été publiées dans ces dernières années montrent que le titane est très répandu dans la nature : outre les nombreuses espèces minérales, assez rares il est vrai, telles que le rutile, l'anatase, la brookite, le fer titané, le sphène, qui sont constituées en tout ou en partie par des composés de titane, de petites quantités de ceux-ci se trouvent dans beaucoup de roches et dans un grand nombre de minerais de terres rares.

D'après Mac Caleb et Dunnington (1), la terre arable en renfermerait parfois jusqu'à 5.4 %. von Lippmann (2) a retiré 0.12 % d'acide titanique des cendres de mélasses de betterave, et Wart (3) a constaté la présence de composés du titane dans les cendres de poires et de pommes, le bois de chêne, les os et la viande de bœuf, les os et la chair de l'homme.

(1) *Amer. Chem. Journ.*, t. X, p. 36, et *Chem. Centralblatt*, 1897, t. II, p. 1112.

(2) *Ber. d. deutsch. Chem. Gesellschaft*, t. XXX, p. 3038.

(3) *Chem. Centralblatt*, 1896, p. 1106.

Le titane se rencontre aussi dans le sol de la Belgique, comme l'ont montré notamment les recherches d'A. Renard sur la composition du coticule (1).

J'ai eu récemment l'occasion d'examiner des échantillons d'oligiste spéculaire, de phyllade ottrélitifère et de sable provenant de la tranchée ouverte entre Lierneux et Verleumont pour la construction d'une nouvelle route et j'ai constaté que tous ces échantillons sont titanifères. Le phyllade ottrélitifère, traité suivant la méthode classique, m'a fourni 2 ‰ d'acide titanique.

Il est intéressant de faire remarquer, à ce propos, que la perle provenant de la fusion de ce phyllade finement pulvérisé, avec le sulfate acide de potassium, se colore nettement en rouge dans la solution sulfurique d'acide salicylique et qu'elle communique cette teinte au liquide.

Il y a longtemps déjà, j'ai signalé l'intérêt que présente, au point de vue de la recherche des éléments rares ou peu répandus dans le terrain houiller, l'analyse des suies et poussières recueillies dans les conduites des fourneaux où l'on brûle de grandes quantités de combustible.

C'est en opérant sur des matériaux de cette nature que j'ai constaté l'existence du sélénium, du bismuth et du molybdène notamment dans le terrain houiller de

(1) *Mémoires couronnés et Mémoires des Savants étrangers publiés par l'Académie royale de Belgique*, 1878, t. XLI, p. 18.

Vers la même époque, j'ai signalé à la Société géologique de Belgique, l'existence du titane dans des minerais de manganèse de Lierneux.

Liège (1). A la liste des produits retirés jusqu'à présent de ces poussières et suies, il faut ajouter l'acide titanique dont les poussières provenant du calorifère d'une malterie, alimenté exclusivement au moyen de houille extraite au charbonnage de La Haye (Liège), renfermaient environ 1 ‰.

En appliquant la méthode classique au traitement de suies ou poussières provenant de la combustion de houille extraite dans d'autres charbonnages du bassin de Liège, j'ai pu préparer un petit échantillon d'acide titanique.

L'essai décrit plus haut a également fourni les premières données sur l'existence du titane dans les produits examinés.

Lorsqu'en procédant comme pour la séparation du sélénium, sans évaporer à siccité au préalable, on soumet à une ébullition prolongée, après addition de sulfite sodique, le liquide résultant de l'action de l'eau régale sur les matériaux en question, on observe la formation d'un précipité plus ou moins abondant et constitué en grande partie par de l'acide silicique et du sulfate calcique.

Soumise à la fusion en présence de sulfate acide de potassium, une petite quantité de ce produit préalablement desséché fournit une perle qui se comporte dans la solution sulfurique d'acide salicylique comme si elle renfermait du sulfate de titane.

(1) *Sur la présence du molybdène, du sélénium et du bismuth dans le terrain houiller de Liège* (ANNALES DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE BELGIQUE, t. XXIII,).

Contribution à l'étude de la dissociation des corps dissous (troisième communication); par Ad. Vandenberghe, répétiteur à l'Université de Gand.

Dans l'étude complète du phénomène de dissociation d'une substance gazeuse, on examine généralement l'influence de sa concentration, de sa température et celle de la présence d'un gaz inerte. Dans mes deux premières communications (1), j'ai prouvé que l'influence de la concentration et de la température sur la dissociation des groupements moléculaires dissous était comparable à celle que l'on observe pour la dissolution d'un gaz.

Pour établir l'influence des corps étrangers, j'ai repris mes expériences sur les corps qui avaient fait l'objet de mes précédentes recherches.

J'ai étudié les deux cas suivants :

1° A la solution d'une substance associable on ajoute une certaine quantité d'une substance non associable ou, inversement, dans la solution d'une substance non associable on introduit une proportion connue d'un composé associable ;

2° A la solution d'une substance associable on ajoute une autre substance également associable, les autres conditions d'expérience restant les mêmes.

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), n° 44, pp. 657-679, 1899; n° 3, pp. 206-216, 1900.

PREMIÈRE SÉRIE. — UNE SUBSTANCE ASSOCIABLE EST
MISE EN PRÉSENCE D'UNE SUBSTANCE NON ASSOCIABLE ET
RÉCIPROQUEMENT.

Système acide benzoïque + naphthaline.

Expérience I.

a. — Dissolvant : 16^{gr},9 d'alcool méthylique.

Première substance dissoute : acide benzoïque ($M = 122$).

<i>p.</i>	°/o.	$t' - t.$	<i>m.</i>	E (1).
1,171	7	0,47	119	—
2,621	15	1,032	132	—
3,889	22	1,507	134	6

Deuxième substance dissoute : naphthaline ($M = 128$).

0,349	2	0,085	214	67
0,922	5	0,225	213	67
1,686	9	0,385	228	78
2,415	14	0,540	223	81
3,437	20	0,735	244	90

(1) *p* : poids de la substance dissoute.

°/o : concentration pour 100 grammes de dissolvant.

$t' - t$: retard du point d'ébullition.

m : poids moléculaire trouvé.

E : écart en °/o du poids moléculaire théorique d'avec le poids moléculaire trouvé.

b. — Dissolvant : 17^{er},35 d'alcool méthylique.

Première substance dissoute : naphtaline.

0,513	3	0,175	149	16
1,903	6	0,360	154	20
2,446	14	0,720	173	35
3,545	20	0,97	185	45

Deuxième substance dissoute : acide benzoïque.

0,469	2.7	0,145	164	—
0,934	5.5	0,295	159	—
1,673	10.0	0,530	160	—
2,631	15.4	0,825	161	—
3,561	21.0	1,125	160	32

Expérience II.

a. — Dissolvant : 17^{er},35 d'alcool méthylique.

Première substance dissoute : acide benzoïque.

<i>p.</i>	‰.	<i>t'</i> — <i>t.</i>	<i>m.</i>	E.
0,413	3	0 16	138	—
1,061	6	0,41	131	—
1,682	10	0,655	130	6

Deuxième substance dissoute : naphtaline.

0,436	3	0,125	176	36
1,321	8	0,36	186	45
2,255	13	0,585	196	53
3,762	22	0,89	214	67

b. — Dissolvant : 15^{gr},1 d'alcool méthylique.

Première substance dissoute : naphtaline.

0,426	3	0,463	151	18
1,230	8	0,450	159	24
1,848	10	0,643	167	30

Deuxième substance dissoute : acide benzoïque.

0,736	3	0,29	152	—
1,94	11	0,73	155	24

Expérience III.

Dissolvant : 16^{gr},5 d'alcool méthylique.

Première substance dissoute : naphtaline.

<i>p.</i>	%.	<i>t' — t.</i>	<i>m.</i>	E.
3,392	21	0,975	186	46
8,069	49	1,75	245	88

Deuxième substance dissoute : acide benzoïque.

0,933	6	0,275	181	48
2,097	13	0,615	181	48
2,898	19	0,860	182	48

Il résulte de ces trois expériences que l'augmentation de l'association moléculaire de la naphtaline est fonction de la concentration de l'acide benzoïque.

Quand nous dissolvons de la naphtaline, nous pouvons admettre que la molécule solide plus ou moins complexe se dissocie en molécules plus simples, et ce d'autant plus que la concentration est moindre. Puisque la présence d'un corps étranger provoque une augmentation progres-

sive du poids moléculaire, il semble agir comme s'il augmentait la concentration.

Quand nous dissolvons de l'acide benzoïque, corps non associable, dans une solution contenant de la naphthaline (celle-ci étant un composé associable), il se produit une régression de la dissociation des molécules complexes de naphthaline.

Cette régression se traduit expérimentalement par une diminution de la constante thermique, d'où augmentation apparente du poids moléculaire de l'acide benzoïque, au fur et à mesure que nous introduisons de l'acide benzoïque dans la solution de naphthaline. Celle-ci s'associant de plus en plus, le poids moléculaire de l'acide benzoïque paraît augmenter, mais comme la cause d'augmentation se répartit sur un nombre de molécules de plus en plus grand d'acide benzoïque, la valeur de E doit rester constante.

En résumé, l'association de la naphthaline croît proportionnellement au nombre de molécules d'acide benzoïque dissoutes, ce qui pourrait s'expliquer en supposant que le corps étranger dissous amène par le fait même une diminution du volume disponible offert au composé dissociable.

J'ai discuté ces résultats en admettant qu'il s'agit de la dissociation de la molécule complexe de la naphthaline. On pourrait m'objecter que l'acide benzoïque et la naphthaline contractent au sein du dissolvant une combinaison moléculaire:

Pour déterminer la valeur de cette objection, j'ai institué des expériences parallèles en employant un dissolvant non associable.

Expérience IV.Dissolvant : 46^{gr},9 d'acétone.

Première substance dissoute : naphtaline.

<i>p.</i>	%.	<i>t' — t.</i>	<i>m.</i>	<i>E.</i>
0,399	2	0,34	434	—
0,159	7	0,835	433	—
2,736	46	2,04	438	—

Deuxième substance dissoute : acide benzoïque.

0,354	2	0,30	449	—
4,604	9	4,315	423	—
2,017	42	4,685	421	—

Ces résultats prouvent que ces deux corps sont sans action chimique l'un sur l'autre. On pourrait encore m'objecter qu'aux hautes concentrations auxquelles j'ai opéré, l'acide benzoïque s'associe à lui-même. Pour vérifier s'il en est ainsi, j'ai dissous l'acide benzoïque dans l'alcool méthylique en présence d'un autre corps non associable : l'acide salicylique, et j'ai poussé la concentration de chacun d'eux jusqu'à environ 50 %, sans observer une modification dans le poids moléculaire trouvé.

Expérience V.Dissolvant : 15^{gr},35 d'alcool méthylique.

Première substance dissoute.

<i>p.</i>	%.	<i>t' — t.</i>	<i>m.</i>	<i>E.</i>
4,354	9	0,62	427	—
3,484	21	0,425	428	—
4,684	31	2,05	431	—

Deuxième substance dissoute : acide salicylique.

1,404	9	0,53	151	—
2,886	19	1,11	149	—
4,149	27	1,62	142	—

Il est intéressant de constater que la loi de Raoult, que l'on ne regarde généralement comme vraie que pour des solutions étendues, s'applique encore ici quand le dissolvant contient 60 % de matières dissoutes !

Système acide benzoïque + camphre.

Expérience VI.

a. — Dissolvant : 17 grammes d'alcool méthylique.

Première substance dissoute : acide benzoïque.

<i>p.</i>	%.	<i>t' — t.</i>	<i>m.</i>	<i>F.</i>
0,946	6	0,37	132	—
2,308	14	0,905	131	—
4,246	25	1,705	129	6

Deuxième substance dissoute : camphre ($M=152$).

0,544	3	0,122	237	56
1,357	7	0,283	249	64
2,277	15	0,463	254	67

b. — Dissolvant : 15^{gr}.65 d'alcool méthylique.

Première substance dissoute : camphre.

0,991	7	0,335	166	9
1,870	12	0,600	174	14
2,930	20	0,905	181	19

Deuxième substance dissoute : acide benzoïque.

4,086	7	0,37	170	—
2,106	13	0,73	169	—
3,241	20	1,135	160	36

Expérience VII.

a. — Dissolvant : 16^{gr},85 d'alcool méthylique.

Première substance dissoute : acide salicylique.

p.	‰.	t' — t.	m.	E.
1,348	8	0,49	149	—
2,716	16	0,975	140	—
4,382	26	1,58	145	—

Deuxième substance dissoute : camphre.

0,964	6	0,185	272	80
1,643	10	0,31	276	80
2,951	17	0,54	286	88

b. — Dissolvant : 15^{gr},05 d'alcool méthylique.

Première substance dissoute : camphre.

0,546	3	0,175	161	6
1,241	7	0,370	173	14
2,705	16	0,773	181	19
3,734	22	1,023	189	24

Deuxième substance dissoute : acide salicylique.

0,836	5	0,215	206	—
1,823	11	0,475	200	—
3,154	29	0,835	195	49

Système acide salicylique + naphthaline.

Expérience VIII.

a. — Dissolvant : 16^{gr},9 d'alcool méthylique.

Première substance dissoute : acide salicylique.

<i>p.</i>	‰.	<i>t' — t.</i>	<i>m.</i>	<i>F.</i>
2,562	15	0,92	145	—
4.067	24	1,46	145	5

Deuxième substance dissoute : naphthaline.

0,871	5	0,21	216	69
2,139	13	0,175	234	82

b. — Dissolvant : 15^{gr},9 d'alcool méthylique.

Première substance dissoute : naphthaline.

1,95	12	0,653	164	23
3,699	23	1,095	187	46

Deuxième substance dissoute : acide salicylique.

1,603	10	0,487	182	—
3,459	22	1,067	180	32

Il résulte des expériences 6, 7 et 8 qu'en remplaçant l'acide benzoïque par l'acide salicylique et la naphthaline par le camphre, on obtient sensiblement les mêmes résultats.

*Système acide benzoïque + urée.***Expérience IX.**

a. — Dissolvant : 16^{gr},15 d'alcool méthylique.

Première substance dissoute : acide benzoïque.

<i>p.</i>	°/o.	<i>t' — t.</i>	<i>m.</i>	E.
4,193	7	0,68	100	—
2,993	18	1,405	116	—
4,371	27	1,94	123	0

Deuxième substance dissoute : urée (M = 60).

0,547	2	0,335	88	47
1,82	11	1,045	95	60
3,62	23	1,97	100	67

b. — Dissolvant : 16^{gr},35 d'alcool méthylique.

Première substance dissoute : urée.

0,422	3	0,34	67	11
1,923	12	1,35	77	28
3,040	19	1,975	82	37
3,641	22	2,270	86	43

Deuxième substance dissoute : acide benzoïque.

0,792	5	0,285	150	—
1,526	10	0,545	156	—
3,212	16	0,855	159	2

*Système acide salicylique + urée.***Expérience X.**

a. — Dissolvant : 14^{gr},9 d'alcool méthylique.

Première substance dissoute : acide salicylique.

<i>p.</i>	°/o.	<i>t' — t.</i>	<i>m.</i>	E.
2,528	17	0,995	150	—
4,525	30	1,86	143	4

Deuxième substance dissoute : urée.

1,253	8	0,765	97	60
2,756	18	1,555	105	75
3,849	26	2,160	109	82

b. — Dissolvant : 16^{gr},9 d'alcool méthylique.

Première substance dissoute : urée.

1,600	9	1,125	70	17
3,767	22	2,285	86	43
4,746	28	2,740	90	50

Deuxième substance dissoute : acide salicylique.

1,096	6	0,325	176	—
2,920	11	0,825	185	—
4,306	25	1,21	186	31

*Système uréthane + naphthaline.***Expérience XI.**

a. — Dissolvant : 14^{gr},6 d'alcool méthylique.

Première substance dissoute : uréthane ($M = 89$).

<i>p.</i>	%.	<i>t' — t.</i>	<i>m.</i>	<i>E.</i>
1,455	10	0,83	100	—
3,67	25	2,415	104	—
4,744	33	2,675	100	10

Deuxième substance dissoute : naphthaline.

1,334	9	0,46	183	43
3,276	23	0,835	233	83
4,305	30	1,055	250	95

b. — Dissolvant : 14^{gr},8 d'alcool méthylique.

Première substance dissoute : naphthaline.

2,323	16	0,26	174	33
4,43	23	—	200	56

Deuxième substance dissoute : uréthane.

1,929	13	—	141	—
3,12	21	—	143	—
4,428	33	—	145	27

*Système acétamide + naphtaline.***Expérience XII.**

a. — Dissolvant : 16^{gr},35 d'alcool méthylique.

Première substance dissoute : acétamide ($M = 69$).

<i>p.</i>	‰.	$t' - t.$	<i>m.</i>	E.
1,701	41	1,40	66	—
3,354	20	2,66	67	—
4,607	29	3,56	69	0

Deuxième substance dissoute : naphtaline.

1,200	8	0,40	160	33
2,601	16	0,785	180	40
4,140	26	1,15	193	50

b. — Dissolvant : 16^{gr},8 d'alcool méthylique.

Première substance dissoute : naphtaline.

3,464	22	0,99	184	44
-------	----	------	-----	----

Deuxième substance dissoute : acétamide.

1,319	7	1,075	64	—
3,084	16	2,375	68	—
4,315	22	3,23	70	0

Les résultats obtenus pour l'urée et la naphthaline semblent, à première vue, correspondre à ceux qu'on déduit des expériences précédentes. Cependant l'acide benzoïque doit réagir sur l'urée pour former du benzoate d'urée. Cette union chimique a nécessairement pour effet de diminuer le nombre des molécules dissoutes et, par conséquent, d'augmenter considérablement le poids moléculaire trouvé. Il doit donc exister dans ce milieu un nouveau facteur qui tend à diminuer ce poids. Je crois pouvoir attribuer ce facteur à la propriété que possède l'urée de soustraire des molécules du dissolvant pour former avec lui des molécules additionnelles. C'est ce que je démontrerai dans la deuxième série de ces recherches.

En admettant pour le moment cette hypothèse, l'association moléculaire de l'urée en présence de l'acide benzoïque doit s'interpréter de la façon suivante. L'urée s'associe, ce qui a pour effet d'augmenter son poids moléculaire. En opérant en présence de l'acide benzoïque, celui-ci agit comme dans le cas du camphre et de la naphthaline, mais comme l'acide benzoïque fixe de l'urée, le nombre des molécules dissoutes diminue et le poids moléculaire trouvé doit encore augmenter. Mais deux facteurs vont à l'encontre de cette augmentation. L'acide benzoïque se trouvant dans un volume plus petit d'alcool méthylique, son poids moléculaire trouvé doit diminuer. De plus, l'association de l'urée doit se réduire, puisque sa concentration devient plus faible.

Dans le cas du système acétamide + naphthaline (dixième expérience), il y a équilibre entre les causes d'augmentation et les causes de diminution des poids moléculaires trouvés. Le système uréthane + naphthaline se rapproche davantage du système urée + naphthaline.

Pour terminer cette série de recherches, j'ai institué un essai dans lequel j'ai dissous successivement de l'acide benzoïque et de l'acide salicylique dans une dissolution de naphthaline dans l'alcool méthylique.

Expérience XIII.

Dissolvant : 15^{gr},4 d'alcool méthylique.

Première substance dissoute : naphthaline.

<i>p.</i>	°/o.	<i>t' — t.</i>	<i>m.</i>	E.
0,426	3	0,465	151	9
1,230	8	0,45	159	11
1,848	13	0,645	167	13

Deuxième substance dissoute : acide benzoïque.

0,756	5	0,29	152	—
0,913	13	0,73	155	25

Troisième substance dissoute : acide salicylique.

0,774	5	0,28	161	—
1,801	12	0,63	166	—
2,554	17	0,90	167	21

Les résultats obtenus montrent que l'acide benzoïque et l'acide salicylique se conduisent comme s'ils se trouvaient seuls en présence de la naphthaline et que, par conséquent, il existe une indépendance chimique entre les trois substances dissoutes.

DEUXIÈME SÉRIE. — UNE SUBSTANCE ASSOCIABLE SE
TROUVE EN PRÉSENCE D'UNE AUTRE SUBSTANCE ASSOCIABLE.

Système camphre + naphtaline.

Expérience XIV.

a. — Dissolvant : 15^{gr},35 d'alcool méthylique.

Première substance dissoute : camphre.

<i>p.</i>	o/o.	<i>t' — t.</i>	<i>m.</i>	E.
0,731	5	0,257	162	7
1,604	11	0,537	171	13
2,535	17	0,820	177	17
3,235	21	1,59	180	19

Deuxième substance dissoute : naphtaline.

1,053	7	0,25	248	93
2,382	15	0,525	260	103
4,168	27	0,820	290	127

b. — Dissolvant : 16^{gr},65 d'alcool méthylique.

Première substance dissoute : naphtaline.

1,856	11	0,62	188	34
4,33	26	1,185	194	51

Deuxième substance dissoute : camphre.

0,981	6	0,185	281	114
1,906	12	0,345	292	123
3,216	20	0,570	300	129

L'introduction de la naphthaline après le camphre dans le milieu alcoolique doit avoir pour effet d'augmenter considérablement le poids moléculaire trouvé pour la naphthaline. Cela n'implique cependant pas une augmentation de l'association de cette dernière substance seule. Au fur et à mesure que la concentration de la naphthaline augmente, l'association du camphre augmente également, et comme cela amène un abaissement du point d'ébullition, celui-ci doit se manifester par une augmentation du poids moléculaire trouvé pour la naphthaline.

J'ai obtenu le même résultat en remplaçant soit le camphre soit la naphthaline par l'acétanilide, le camphre bromé ou le benzile.

Système camphre bromé + naphthaline.

Expérience XV.

Dissolvant : 46^{gr},95 d'alcool méthylique.

Première substance dissoute : camphre bromé (M = 234).

<i>p.</i>	%.	<i>t' - t.</i>	<i>m.</i>	E.
1,79	10	0,36	258	11
3,275	18	0,622	274	18
4,609	27	0,832	287	24

Deuxième substance dissoute : naphthaline.

1,455	7	0,245	233	82
2 940	17	0,568	244	90
4,633	27	0,805	300	134

*Système acétanilide + naphtaline.***Expérience XVI.**Dissolvant : 15^{gr},15 d'alcool méthylique.Première substance dissoute : acétanilide ($M = 135$).

<i>p.</i>	%.	$t' - t.$	<i>m.</i>	E.
1,263	8	0,49	150	11
2,959	20	1,095	157	16
4,634	31	1,630	165	22

Deuxième substance dissoute : naphtaline.

1,19	8	0,295	234	83
3,444	23	0,755	266	108

*Système benzile + naphtaline.***Expérience XVII.**Dissolvant : 16^{gr},8 d'alcool méthylique.Première substance dissoute : benzile ($M = 210$).

<i>p.</i>	%.	$t' - t.$	<i>m.</i>	E.
1,269	8	0,26	255	21
2,806	17	0,523	270	29
4,947	29	0,79	328	56

Deuxième substance dissoute : naphtaline.

1,658	10	0,315	275	115
3,068	19	0,545	295	135
4,588	29	0,755	319	150

Comme l'urée semble se conduire d'une façon toute spéciale vis-à-vis d'une substance non associable, il n'était pas sans intérêt de reprendre l'étude de l'urée dans cette nouvelle série de recherches.

Système urée + naphtaline.

Expérience XVIII.

a. — Dissolvant : 16^{gr},9 d'alcool méthylique.

Première substance dissoute : urée.

<i>p.</i>	°/o.	<i>t' — t.</i>	<i>m.</i>	E.
1,473	9	1,03	75	25
2,633	19	1,735	80	33
4,012	24	2,410	87	45

Deuxième substance dissoute : naphtaline.

0,749	4	0,325	120	— 6
2,690	16	1,005	135	5
4,399	26	1,47	160	25

b. — Dissolvant : 16^{gr},7 d'alcool méthylique.

Première substance dissoute : naphtaline.

1,244	7	0,42	156	22
3,202	19	0,94	180	40
4,724	28	1,26	198	55

Deuxième substance dissoute : urée.

0,963	6	0,785	65	8
2,290	14	1,715	70	17
3,501	21	2,435	75	25

*Système urée + camphre.***Expérience XIX.**

Dissolvant : 16 grammes d'alcool méthylique.

Première substance dissoute : urée.

<i>p.</i>	%	<i>t' — t.</i>	<i>m.</i>	E.
1,550	9	1,17	73	20
2,914	18	1,98	80	33

Deuxième substance dissoute : camphre.

1,361	9	0,515	145	— 4
3,090	18	1,335	164	8
5,278	34	1,735	168	11
6,593	41	2,078	174	15

*Système urée + camphre bromé.***Expérience XX.**

a. — Dissolvant : 15^{gr},05 d'alcool méthylique.

Première substance dissoute : urée.

<i>p.</i>	%	<i>t' — t.</i>	<i>m.</i>	E.
1,64	11	1,26	76	27
3,215	21	2,19	83	38
4,684	31	2,91	94	57

Deuxième substance dissoute : camphre bromé.

1,968	15	0,535	215	— 7
3,553	24	0,885	235	0
4,836	32	1,150	245	6

b. — Dissolvant : 45^{gr},05 d'alcool méthylique.

Première substance dissoute : camphre bromé.

3,296	49	0,625	272	18
4,920	29	0,88	290	25

Deuxième substance dissoute : urée.

0,877	5.2	0,675	67	11
2,727	46.0	4,835	78	30
3,861	22.6	3,861	82	37

Les résultats obtenus dans les expériences 18, 19 et 20 s'expliquent fort bien en admettant encore ici une fixation du dissolvant par l'urée.

L'introduction de la naphthaline après l'urée provoquera deux causes de diminution des écarts du point d'ébullition. Nous avons d'abord l'association plus grande des molécules de naphthaline et d'urée, comme pour le cas des autres substances associables, mais ici la disparition d'une partie de l'alcool doit encore augmenter l'association de la naphthaline. D'autre part, la disparition du dissolvant doit augmenter les concentrations et, par conséquent, augmenter les écarts du point d'ébullition. Les nombres obtenus comme poids moléculaires indiquent que les deux facteurs agissant en sens inverse se font équilibre.

TROISIÈME SÉRIE.

Dans cette troisième série, j'ai cherché à établir l'influence de la température sur les mélanges étudiés dans la première et la deuxième série, en prenant comme dissolvant l'alcool éthylique et le propylique.

*Système acide benzoïque + naphtaline.***Expérience XXI.***a.* — Dissolvant : 17^{gr},3 d'alcool éthylique.

Première substance dissoute : acide benzoïque.

<i>p.</i>	°/o.	<i>t' — t.</i>	<i>m.</i>	E.
1,644	7	0,652	119	—
2,254	13	1,232	122	—
3,016	17	1,642	122	—
4,198	24	2,267	122	0

Deuxième substance dissoute : naphtaline.

0,944	5	0,32	196	53
1,642	10	0,535	204	60
3,399	20	1,025	221	73

b. — Dissolvant : 17^{gr},05 d'alcool éthylique.

Première substance dissoute : naphtaline.

1,231	7	0,555	149	16
2,321	14	0,970	162	24
3,558	21	1,390	172	34
4,715	28	1,72	185	44

Deuxième substance dissoute : acide benzoïque.

0,968	6	0,43	152	20
2,424	14	1,11	147	20
3,712	22	1,71	147	20

Expérience XXII.

a. — Dissolvant : 16^{gr},95 d'alcool éthylique.

Première substance dissoute : acide benzoïque.

<i>p.</i>	‰.	<i>t' — t.</i>	<i>m.</i>	<i>E.</i>
0,651	3,3	0,37	119	—
1,85	10,9	1,035	119	0

Deuxième substance dissoute : naphtaline.

0,474	3	0,474	161	25
1,769	10	0,700	173	38
3,005	18	1,075	190	50

b. — Dissolvant : 16^{gr},32 d'alcool éthylique.

Première substance dissoute : naphtaline.

0,668	4	0,34	139	9
1,420	8	0,675	150	17

Deuxième substance dissoute : acide benzoïque.

1,102	7	0,585	133	—
2,152	13	1,145	133	—
3,414	21	1,810	134	8

*Système acide salicylique + naphtaline.***Expérience XXIII.**

a. — Dissolvant : 17^{gr},5 d'alcool éthylique.

Première substance dissoute : acide salicylique.

<i>p.</i>	°/c.	<i>t' — t.</i>	<i>m.</i>	E.
0,639	4	0,305	140	—
1,501	9	0,740	133	—
2,382	14	1,170	133	—
3,628	21	1,80	132	0

Deuxième substance dissoute : naphtaline.

1,088	6	0,39	184	43
2,310	14	0,76	159	56
3,693	21	1,14	212	65
4,920	23	1,45	220	73

b. — Dissolvant : 16^{gr},75 d'alcool éthylique.

Première substance dissoute : naphtaline.

1,082	6	0,525	141	10
2,302	14	1,00	155	16
3,700	22	1,445	175	37
4,481	26	1,700	180	40

Deuxième substance dissoute : acide salicylique.

1,269	8	0,53	164	—
2,308	14	1,00	159	—
3,232	19	1,43	152	—
3,968	23	1,795	151	18

Système naphthaline + acide benzoïque.

Expérience XXIV.

Dissolvant : 19^{gr},2 d'alcool propylique. *

Première substance dissoute : naphthaline.

<i>p.</i>	<i>‰.</i>	<i>t' — t.</i>	<i>m.</i>	<i>E.</i>
3,723	19	1,72	165	31

Deuxième substance dissoute : acide benzoïque.

1,46	7	0,80	140	—
2,783	15	1,55	137	14

En comparant les nombres obtenus dans la vingt et unième expérience à ceux de la première expérience, il est facile d'observer que l'augmentation de l'association de la naphthaline, due à la présence de l'acide benzoïque, est la même dans les deux cas. Les écarts des résultats obtenus pour la naphthaline en *a* et en *b* de l'expérience 21 sont en moyenne de 40. Cette moyenne se retrouve pour les résultats obtenus en *a* et en *b* de l'expérience 1.

L'élévation de la température du dissolvant est donc sans influence sur l'augmentation de l'association moléculaire provoquée par la présence d'un corps indifférent. Il doit d'ailleurs en être ainsi, puisque ce dernier a simplement pour effet de diminuer l'espace disponible et d'augmenter la concentration. L'augmentation de concentration étant la même dans les trois dissolvants, l'effet produit sera identique.

QUATRIÈME SÉRIE.

J'ai complété l'étude de l'association moléculaire en présence d'un corps étranger, en prenant comme dissolvant les bromures d'éthyle, de propyle et d'isobutyle (1).

Système acide benzoïque + camphre bromé.

Expérience XXV.

a. — Dissolvant : 33^{gr},8 de bromure d'éthyle.

Première substance dissoute : acide benzoïque.

<i>p.</i>	<i>o/o.</i>	<i>t' — t.</i>	<i>m.</i>	<i>E.</i>
0,599	1.8	0,24	243	—
1,245	3.7	0,51	237	—
2,464	7.3	0,98	247	—
3,959	11.9	1,55	243	—

Deuxième substance dissoute : camphre bromé.

1,235	3.6	0,47	258	—
-------	-----	------	-----	---

(1) Dans la détermination expérimentale des constantes ébullioscopiques des bromures de propyle et d'isobutyle, j'ai utilisé par erreur le nombre 251 au lieu de 231 pour le poids moléculaire du camphre (*Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* [Classe des sciences], n° 3, 1900, p. 206). La valeur de K pour ces deux dissolvants devient par conséquent 35.2 pour le bromure de propyle et 37.8 pour le bromure d'isobutyle.

b. — Dissolvant : 31^{gr},9 de bromure d'éthyle.

Première substance dissoute : camphre bromé.

3,701	11.5	1,52	252	—
-------	------	------	-----	---

Deuxième substance dissoute : acide benzoïque.

0,870	3	0,36	250	—
-------	---	------	-----	---

1,831	6	0,72	264	—
-------	---	------	-----	---

3,376	11	1,26	275	—
-------	----	------	-----	---

Expérience XXVI.

a. — Dissolvant : 31^{gr},8 de bromure d'éthyle.

Première substance dissoute : camphre bromé.

<i>p.</i>	‰.	<i>t' — t.</i>	<i>m.</i>	E.
3,779	12	1,64	242	—

Deuxième substance dissoute : acétanilide.

0,484	1	0,21	239	—
-------	---	------	-----	---

1,462	5	0,5	303	—
-------	---	-----	-----	---

Système acétanilide + acide benzoïque.

Expérience XXVII.

Dissolvant : 31 grammes de bromure d'éthyle.

Première substance dissoute : acétanilide.

<i>p.</i>	‰.	<i>t' — t.</i>	<i>m.</i>	E.
1,328	4	0,51	278	—

Deuxième substance dissoute : acide benzoïque.

2,654	9	0,98	288	—
-------	---	------	-----	---

Système camphre bromé + naphtaline.

Expérience XXVIII.

a. — Dissolvant : 29^{er},5 de bromure d'éthyle.

Première substance dissoute : camphre bromé.

<i>p.</i>	%.	<i>t' — t.</i>	<i>m.</i>	E.
0,927	3	0,42	248	—
2,418	7	0,975	244	—
3,672	13	1,68	244	—

Deuxième substance dissoute : naphtaline.

1,286	4	0,97	149	—
2,211	8	1,69	145	—
3,314	11	2,42	150	—

b. — Dissolvant : 31^{er},8 de bromure d'éthyle.

Première substance dissoute : naphtaline.

1,066	3	0,79	140	—
2,988	9	2,17	142	—

Deuxième substance dissoute : camphre bromé.

1,501	5	0,59	264	—
2,744	9	1,12	254	—
3,715	12	1,52	254	—

*Essais dans le bromure de propyle.***Expérience XXIX.***a.* — Dissolvant : 30 grammes de bromure de propyle.

Première substance dissoute : camphre bromé.

<i>p.</i>	‰	<i>t' — t.</i>	<i>m.</i>	<i>E.</i>
4,045	3	0,54	221	—
2,019	7	1,20	222	—
3,413	11	1,89	212	—

Deuxième substance dissoute : acide benzoïque.

0,551	2	0,31	209	—
2,367	8	1,19	230	—

b. — Dissolvant : 31 grammes de bromure de propyle.

Première substance dissoute : acide benzoïque.

2,219	7	1,17	213	—
4,012	13	2,04	223	—

Deuxième substance dissoute : camphre bromé.

1,707	6	0,83	236	—
-------	---	------	-----	---

Expérience XXX.

a. — Dissolvant : 31 grammes de bromure de propyle.

Première substance dissoute : acétanilide.

<i>p.</i>	°/o.	<i>t' - t.</i>	<i>m.</i>	E.
0,579	2	0,43	153	—
1,343	4	0,80	190	—
2,246	7	1,09	233	—
3,634	12	1,50	276	—

Deuxième substance dissoute : camphre bromé.

0,922	3	0,45	231	—
2,986	10	1,42	239	—

b. — Dissolvant : 31 grammes de bromure de propyle.

Première substance dissoute : camphre bromé.

2,516	8	1,24	231	—
4,816	16	2,33	238	—

Deuxième substance dissoute : acétanilide.

0,502	2	0,300	190	—
1,463	5	0,64	258	—
2,507	8	0,95	300	—

Expérience XXXI.

a. — Dissolvant : 31^{gr},5 de bromure de propyle.

Première substance dissoute : acide benzoïque.

<i>p.</i>	°/o.	<i>t'</i> — <i>t.</i>	<i>m.</i>	E.
2,025	6	1,015	224	—
4,04	13	1,96	233	—

Deuxième substance dissoute : acétanilide.

0,656	2	0,315	225	—
1,47	5	0,555	293	—

b. — Dissolvant : 32 grammes de bromure de propyle.

Première substance dissoute : acétanilide.

2,233	7	1,000	245	—
4,333	14	1,49	320	—

Deuxième substance dissoute : acide benzoïque.

0,729	2	0,235	341	—
1,763	6	0,580	334	—
3,138	9	1,14	306	—

*Essais dans le bromure d'isobutyle.***Expérience XXXII.**

a. — Dissolvant : 22^{gr},45 de bromure d'isobutyle.

Première substance dissoute : acide benzoïque.

<i>p.</i>	‰.	<i>t' - t.</i>	<i>m.</i>	E.
0,636	3	0,85	127	—
1,524	7	1,80	146	—
3,402	15	3,49	167	—

Deuxième substance dissoute : camphre bromé.

0,865	4	0,64	231	—
-------	---	------	-----	---

b. — Dissolvant : 24^{gr},3 de bromure d'isobutyle.

Première substance dissoute : camphre bromé.

3,623	16	2,51	231	—
-------	----	------	-----	---

Deuxième substance dissoute : acide benzoïque.

0,643	3	0,77	132	—
1,610	7	1,62	153	—
2,557	11	2,35	168	—

Expérience XXXIII.

Dissolvant : 23^{gr},15 de bromure d'isobutyle.

Première substance dissoute : naphtaline.

<i>p.</i>	%.	<i>t' — t.</i>	<i>m.</i>	E.
3,135	14	0,383	133	—

Deuxième substance dissoute : acétanilide.

0,633	3	0,72	145	—
-------	---	------	-----	---

Expérience XXXIV.

Dissolvant : 24^{gr},4 de bromure d'isobutyle.

Première substance dissoute : acétanilide.

<i>p.</i>	%.	<i>t' — t.</i>	<i>m.</i>	E.
0,729	3	0,76	152	—
1,631	7	1,40	175	—
2,538	10	1,82	204	—

Deuxième substance dissoute : acide benzoïque.

1,334	5	1,06	188	—
1,998	8	1,50	206	—
3,335	14	2,30	224	—

Nous voyons que dans le cas des bromures alcooliques pris comme dissolvants, le poids moléculaire des substances associables augmente en présence d'une substance étrangère, mais cette influence est beaucoup moins forte que dans les dissolutions alcooliques correspondantes. Il est à remarquer que les bromures alcooliques possèdent par eux-mêmes un pouvoir associant considérable.

CINQUIÈME SÉRIE. — VARIATIONS DE DENSITÉ

DES DISSOLUTIONS RENFERMANT DEUX SUBSTANCES DISSOUTES.

Dans les recherches que je viens de décrire, j'ai admis que l'anomalie provoquée par l'urée devait être attribuée à une fixation partielle du dissolvant. Je me suis demandé si la dissolution de l'urée dans les véhicules mis en œuvre ne donnait pas lieu à des phénomènes spéciaux de dilatation ou de contraction qui se seraient manifestés par des variations de densité. J'ai cru devoir instituer une série de déterminations de densité de ces solutions en opérant non seulement sur l'urée, mais aussi sur les autres substances qui ont servi à mes recherches. Ces expériences ont été faites dans l'appareil et d'après la méthode de Beckmann (1).

(1) BECKMANN, *Zeitschr. f. phys. Chem.*, VI, 464.

Système éther + acide benzoïque + naphtaline.

Expérience XXXV.

a. — Dissolvant : 32^{gr},4 d'éther; D = 0,695.

Première substance dissoute : naphtaline.

<i>p.</i>	‰.	D.	<i>d.</i> (1)
4,71	5	0,709	0,014
4,6	14	0,729	0,034

Deuxième substance dissoute : acide benzoïque.

4,6	14	0,765	0,036
-----	----	-------	-------

b. — Dissolvant : 32^{gr},4 d'éther; D = 0,695.

Première substance dissoute : acide benzoïque.

2,14	6	0,718	0,023
4,6	14	0,710	0,015

Deuxième substance dissoute : naphtaline.

4,6	14	0,765	0,025
-----	----	-------	-------

(1) *p* : poids de la substance dissoute.

‰ : concentration pour 100 grammes de dissolvant.

D : densité observée à l'ébullition.

d : différence de densité provoquée par la substance dissoute.

*Système acétone + acide benzoïque + naphthaline.***Expérience XXXVI.**

a. — Dissolvant : 40^{gr},7 d'acétone; D = 0,760.

Première substance dissoute : acide benzoïque

<i>p.</i>	‰.	D	<i>d.</i>
2,3	6	0,771	0,011
5,69	14	0,793	0,033

Deuxième substance dissoute : naphthaline.

5,698	14	0,810	0,017
-------	----	-------	-------

b. — Dissolvant : 40^{gr},7 d'acétone.

Première substance dissoute : naphthaline.

2,15	6	0,772	0,012
5,698	14	0,784	0,024

Deuxième substance dissoute : acide benzoïque.

5,698	14	0,810	0,026
-------	----	-------	-------

Une solution de 14 ‰ de naphthaline et de 14 ‰ d'acide benzoïque provoque isolément une augmentation de densité de 0,054 et de 0,045. Leur mélange donne une augmentation de densité de 0,070 au lieu de 0,079. Il se produit donc une dilatation pendant le mélange qui s'exprime par $0,079 - 0,070 = 0,009$.

Il en est de même avec l'acétone, et, chose intéressante, la dilatation est approximativement de même grandeur. Elle est en effet dans le dernier cas de $0,057 - 0,050 = 0,007$.

Il est à remarquer que nous opérons ici sur des substances dissoutes donnant, malgré la dilatation, les poids moléculaires normaux. Les expériences qui suivent démontrent que les variations de densité sont de même ordre lorsque les molécules d'une des substances ou même celles des deux substances dissoutes s'associent.

Système alcool éthylique + acide benzoïque + naphthaline.

Expérience XXXVII.

a. — Dissolvant : 40^{gr},3 d'alcool éthylique; D = 0,742.

Première substance dissoute : acide benzoïque.

<i>p.</i>	°/o.	D.	<i>d.</i>
2,848	7	0,761	0,019
5,642	14	0,777	0,035

Deuxième substance dissoute : naphthaline.

5,642	14	0,795	0,018
-------	----	-------	-------

b. — Dissolvant : 40^{gr},3 d'alcool éthylique.

Première substance dissoute : naphthaline.

3,06	7.6	0,757	0,015
5,642	14	0,765	0,023

Deuxième substance dissoute : acide benzoïque.

5,642	14	0,797	0,032
-------	----	-------	-------

La dilatation produite par le mélange est ici de 0,002.

Système alcool éthylique + acide benzoïque + urée.

Expérience XXXVIII.

a. — Dissolvant : 40^{gr},3 d'alcool éthylique.

Première substance dissoute : acide benzoïque.

<i>p.</i>	‰.	<i>D.</i>	<i>d.</i>
2,65	—	0,760	0,018
5,642	14	0,770	0,037

Deuxième substance dissoute : urée.

5,642	14	0,818	0,039
-------	----	-------	-------

b. — Dissolvant : 40^{gr},3 d'alcool éthylique.

Première substance dissoute : urée.

2,16	—	0,770	0,028
5,642	14	0,789	0,047

Deuxième substance dissoute : acide benzoïque.

5,642	14	0,818	0,029
-------	----	-------	-------

La dilatation provoquée par le mélange est ici de 0,008.

Système alcool éthylique + urée + naphthaline.

Expérience XXXIX.

a. — Dissolvant : 40^{gr},3 d'alcool éthylique.

Première substance dissoute : urée.

<i>p</i>	‰.	<i>D.</i>	<i>d.</i>
5,642	14	0,787	0,047

Deuxième substance dissoute : naphthaline.

5,642	4	0,805	0,018
-------	---	-------	-------

b. — Dissolvant : 40^{gr},3 d'alcool éthylique.

Première substance dissoute : naphthaline.

5,6	44	0,765	0,023
-----	----	-------	-------

Deuxième substance dissoute : urée.

5,6	44	0,805	0,040
-----	----	-------	-------

La dilatation produite correspond à 0,007. Chose digne de remarque, les dilatations observées dans le cas de l'urée sont identiques à celles observées pour le cas où l'éther, corps non associant, servait de dissolvant. L'influence spéciale de l'urée sur l'association moléculaire ne peut donc être attribuée à des variations de densité.

Il résulte de l'ensemble des déterminations consignées dans mes trois communications que le dédoublement des groupements moléculaires est influencé par la concentration, par la température et par la présence d'une substance étrangère. Dans mes deux premières notes, j'ai cru pouvoir admettre que le dédoublement pouvait s'interpréter en invoquant le phénomène de dissociation dans le sens indiqué par Sainte-Claire-Deville.

Les résultats obtenus en opérant en présence d'un corps étranger et qui font l'objet du présent travail ne permettent plus d'admettre une analogie complète entre la dissociation gazeuse et le dédoublement des groupements moléculaires.

Quand il s'agit de la dissociation d'une substance gazeuse, le degré de dissociation n'est influencé que par la température et la tension des produits du dédoublement. L'introduction d'un gaz étranger ne modifie en rien cette tension une fois établie. Il n'en est plus de même quand on opère en solution et pour le cas d'une association moléculaire. Les résultats obtenus dans les expériences que je viens de décrire montrent au contraire que l'introduction d'une substance inerte exerce une pression sur les éléments dissociés.

Je ne crois donc pouvoir plus longtemps soutenir l'analogie du phénomène de dédoublement moléculaire et de celui de la dissociation, puisque la troisième et essentielle condition fait ici totalement défaut. Désormais il faut considérer la simplification des associations moléculaires comme des phénomènes de dédoublement influencés par la concentration et la température. L'association moléculaire serait bien plutôt du domaine de la cohésion que de celui de l'affinité chimique. Nous serions donc ici en présence du phénomène d'évaporation et non en présence de celui de la gazéification.

Il ne serait pas sans intérêt de rechercher si la présence d'un gaz inerte n'influencerait pas la constitution de certaines vapeurs anormales, — celle de l'acide acétique par exemple, — où l'on pourrait aussi trouver un cas d'association moléculaire. Je me propose de poursuivre mes recherches dans cette direction.

Université de Gand. Laboratoire de chimie générale.

Gand, le 1^{er} août 1903.

DE L'INFLUENCE DU SOUFRE ET DES GROUPES SULFURÉS
SUR L'ORDRE DE SUBSTITUTION DES ATOMES D'HYDROGÈNE
DANS LES NOYAUX CYCLIQUES. — *Action de l'acide sul-*
furique sur le sulfure de phényle (communication
préliminaire); par Ed. Bourgeois et Karl Petermann.

L'équivalence réactionnelle des atomes d'hydrogène du benzène est détruite dès que l'un d'eux est remplacé par un autre atome ou par un groupe atomique. Dans les nouveaux systèmes ainsi formés, les tensions se répartissent de telle sorte que les atomes d'hydrogène restants opposent désormais des résistances inégales aux agents de substitution : on constate, en effet, que leur remplacement s'effectue dans un ordre déterminé qui dépend de la nature chimique des éléments fonctionnels déjà introduits dans la molécule et aussi, mais dans une plus faible mesure, des conditions expérimentales, notamment de la température.

Les modifications profondes que détermine dans les possibilités réactionnelles des divers éléments d'un système la substitution de l'un d'entre eux sont parmi les manifestations les plus délicates et les plus obscures du dynamisme des atomes : aussi ne peut-il encore être question de donner la formule générale de leur mécanisme. Cependant, en ce qui concerne, par exemple, l'ordre suivant lequel se fait la substitution des atomes d'hydrogène des systèmes carbonés, il est possible de dégager de l'amas considérable des observations accumulées quelques règles empiriques qui, dans nombre de

cas, nous permettent déjà d'établir des prévisions réactionnelles avec une très grande probabilité.

Si étendue que paraît être aujourd'hui la connaissance expérimentale des phénomènes de substitution, il faut reconnaître cependant que très nombreuses sont encore les lacunes qui s'opposent actuellement à des généralisations offrant un degré suffisant de probabilité. C'est ainsi que parmi les atomes et les groupes fonctionnels dont l'influence sur l'ordre de substitution de l'hydrogène a été étudiée systématiquement ne figurent ni le soufre ni les radicaux sulfurés, si l'on en excepte le groupement sulfonique. Par leur variété de composition et de structure, ces groupes semblent cependant devoir donner quelques indications intéressantes sur les relations existant entre la nature des éléments introduits dans la molécule et l'orientation réactionnelle qu'ils communiquent aux différents atomes d'hydrogène du système; c'est ce qui nous a engagés à entreprendre l'étude de cette question.

Dans la petite note que nous publions aujourd'hui, uniquement pour nous assurer les délais nécessaires à l'achèvement de ce travail, nous nous contenterons d'examiner brièvement la manière dont se comporte le sulfure de phényle sous l'action substituante de l'acide sulfurique.

L'acide sulfurique ordinaire n'agit que très lentement à froid sur le sulfure de phényle : il faut près de quatre jours pour réaliser à la température de 15° la dissolution complète de 100 grammes de sulfure dans 500 grammes d'acide de densité 1,85; encore doit-on avoir soin de

maintenir les réactifs intimement mélangés par une agitation énergique. L'opération est terminée lorsque, par le repos, le liquide ne se sépare plus en deux couches et qu'une prise d'essai additionnée d'eau ne se trouble plus. Cette dissolution s'accompagne, comme c'est le cas avec un assez grand nombre de composés sulfurés, de phénomènes de coloration que l'eau fait immédiatement disparaître.

Le produit repris par environ dix fois son volume d'eau est débarrassé de l'excès d'acide sulfurique au moyen de carbonate de baryum et exactement neutralisé par du carbonate de potassium; la dissolution filtrée de nouveau après une heure d'ébullition est tout à fait limpide et incolore; par évaporation, elle laisse déposer sous forme de croûtes confusément cristallines une substance blanche qui, desséchée à 180° , répond à la formule brute $C_{12}H_8S_5O_6K_2$: c'est un mélange de deux disulfonates du sulfure de phényle, $S(C_6H_4.SO_3K)_2$.

L'existence de ces deux isomères a été établie par la formation de deux chloroanhydrides aux dépens de ce produit brut. Pour les préparer, nous avons mélangé rapidement et en une fois des poids égaux de pentachlorure de phosphore et de disulfonate brut desséché à 180° ; les deux réactifs doivent être finement pulvérisés : la réaction ne tarde pas alors à s'établir d'elle-même avec assez de vivacité et la masse se fluidifie sans formation de grumeaux, si on a soin de l'agiter continuellement. A la fin, nous l'avons chauffée pendant une demi-heure sur le bain d'eau : le produit obtenu formait une pâte bien homogène, légèrement jaunâtre.

Le mélange refroidi a été malaxé avec de la glace pul-

vérisée pour détruire les composés chlorophosphorés sans occasionner d'échauffement notable ; les anhydrides chlorosulfoniques insolubles sous forme de petits grains blancs plastiques ont été lavés à l'eau, puis desséchés dans le vide en présence d'acide sulfurique et de chaux vive : nous avons obtenu en produit brut environ 96 % de la quantité prévue par le calcul.

La matière sèche dissoute dans le benzène nous a d'abord fourni plusieurs jets de cristaux fondant à 159°, puis les dernières eaux mères ont laissé déposer une substance poisseuse, brunâtre, très soluble dans le benzène ; elle est d'autant plus colorée et difficile à purifier que la dissolution benzénique, pendant les concentrations successives, a été soumise à une action plus prolongée de la chaleur ; aussi est-il préférable d'opérer toutes les évaporations à la température ordinaire avec l'aide du vide.

Trituré longtemps dans un mélange réfrigérant, ce résidu visqueux, complètement débarrassé du benzène, a fini par se prendre en une masse solide, dont nous avons poursuivi la purification en employant l'éther anhydride comme dissolvant : nous avons d'abord isolé une nouvelle portion de cristaux fondant à 159°, puis des portions à points de fusion beaucoup plus bas. Par cristallisations répétées, nous sommes enfin parvenus à obtenir pur un second corps fondant constant à 94°-95°.

Ces deux substances ont identiquement la même composition, celle d'un anhydride dichlorosulfonique du sulfure de phényle S (C₆H₄. SO₂Cl)₂.

Analyses :

I. 0 ^{gr} ,3272	de substance	ont donné	0 ^{gr} ,4513	CO ₂	et	0 ^{gr} ,0648	H ₂ O
0 ^{gr} ,3415	—	—	0 ^{gr} ,6298	BaSO ₄			
II. 0 ^{gr} ,3315	—	—	0 ^{gr} ,4565	CO ₂	et	0 ^{gr} ,0657	H ₂ O
0 ^{gr} ,3400	—	—	0 ^{gr} ,6292	BaSO ₄			
III. 0 ^{gr} ,3552	—	—	0 ^{gr} ,4890	CO ₂	et	0 ^{gr} ,0711	H ₂ O
0 ^{gr} ,3115	—	—	0 ^{gr} ,5732	BaSO ₄			

Calculé pour C ₁₂ H ₈ S ₃ O ₄ Cl ₂ .	Trouvé		
	I. Produit fond ^t à 159°.	II. Produit fond ^t à 94°.	III.
Carbone. . . .	37,58	37,55	37,52
Hydrogène. . .	2,10	2,20	2,22
Soufre	25,10	25,41	25,26

Nous avons donc obtenu deux anhydrides chlorosulfoniques isomères fondant l'un à 159°, l'autre à 94°-95°, celui-ci en très faible proportion.

Si on dissout le sulfure de phényle dans l'acide sulfurique maintenu non plus à 15°, mais à 100°, la réaction s'achève en une douzaine d'heures, mais le produit traité comme dans le cas précédent ne fournit presque intégralement que du chloroanhydride fondant à 159°.

Pour déterminer la constitution de ces deux composés, nous avons procédé par voie de scindement moléculaire. Les sulfures se prêtant mal à ce genre d'opération, nous avons eu recours aux sulfones correspondantes, en nous

basant sur l'observation faite par Otto (*) que la sulfobenzide chauffée à 170° avec du pentachlorure de phosphore se rompt en fixant du chlore pour donner naissance à de l'anhydride phénylchlorosulfonique et à du benzène monochloré :



Pour passer des deux chloroanhydrides aux dérivés correspondants de la sulfobenzide, nous les avons oxydés en solution acétique par une dissolution saturée de permanganate de potassium; nous renvoyons pour les détails de l'opération à notre note : *Sur quelques dérivés sulfurés du sulfure de phényle* (**).

Constitution du chlorure fondant à 159°. — La sulfobenzide dichlorosulfonique n'est pas attaquée par le pentachlorure de phosphore à la température de 170°. Pour en réaliser le scindement, nous avons dû la chauffer en tube scellé à 210° pendant une douzaine d'heures avec un grand excès de PCl_5 (6 molécules pour 1 de sulfone). Le produit de la réaction, indépendamment de l'excès de pentachlorure, était formé de trichlorure et d'oxychlorure de phosphore, de chlorure de thionyle et de *para*-dichlorobenzène. Nous avons aisément purifié celui-ci en décomposant les chlorures minéraux par de l'eau glacée et en extrayant par l'éther la matière orga-

(*) OTTO, *Liebig's Annalen*, vol. CXXXVI, p. 155 (1865).

(**) Voir ci-après, p. 957.

nique qui après cristallisation a été identifiée par son point de fusion 54° et par sa composition centésimale :

Analyse :

0^{gr},3240 de substance ont donné 0^{gr},5805 CO₂ et 0^{gr},0838 H₂O

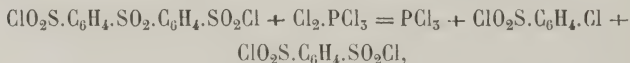
0^{gr},2719 — — — 0^{gr},5299 AgCl

	Calculé pour C ₆ H ₄ Cl ₂ .	Trouvé.
Carbone	48,99	48,85
Hydrogène	2,74	2,87
Chlore	48,25	48,18

La formation du para-dichlorobenzène ainsi que celle du chlorure de thionyle s'expliquent très facilement si on se rappelle que Barbaglia et Kékulé (*) ont constaté que, chauffés à 200°-210° avec du pentachlorure de phosphore, les dérivés sulfoniques du benzène sont décomposés suivant l'équation



Cela étant, notre sulfobenzide aura tout d'abord été scindée en anhydride phénylechlorosulfonique chloré et anhydride phényl-di-para-chlorosulfonique :



puis les groupes SO₂Cl auront été substitués par du chlore.

(*) BARBAGLIA et KEKULÉ, *Berl. Berichte*, vol. V, p. 876 (1872). — Voir aussi CARIUS, *Liebig's Annalen*, vol. CXIV, p. 145 (1860), et NÖLTING, *Berl. Berichte*, vol. VIII, p. 1091 (1875).

De ce que nous n'avons obtenu que du para-dichlorobenzène, nous pouvons conclure que dans chacun des deux noyaux benzéniques de la sullobenzide et partant du sulfure correspondant, il y avait un radical SO_2Cl en para par rapport au soufre de jonction et que, par conséquent, l'acide disulfonique initial était un dérivé di-para-sulfonique symétrique du sulfure de phényle.

Constitution du chlorure fondant à 94°-95°. — De même que son isomère para, la sullobenzide dichlorosulfonique fusible à 147°-148° se scinde lorsqu'on la chauffe vers 200°-210° avec un excès de pentachlorure de phosphore; on constate également la formation de chlorure de thionyle, ce qui annonce une substitution des groupes SO_2Cl par du chlore.

Le produit de la réaction agité avec de l'eau glacée laissait déposer une huile brunâtre, répandant l'odeur particulière des dichlorobenzènes. Nous l'avons extraite par l'éther et lavée avec une dissolution de baryte pour neutraliser les acides; l'extrait éthéré séché sur du chlorure de calcium fondu a été évaporé lentement et le résidu distillé. Les 6 grammes de sulfone dont nous disposions nous ont ainsi donné près de 2 grammes d'un produit pas tout à fait pur, ayant la composition d'un dichlorobenzène.

Analyse :

I. 0^{gr},3215 de substance ont donné 0^{gr},5750 CO_2 et 0^{gr},0846 H_2O

0^{gr},2173 — — 0^{gr},4222 AgCl

II. 0^{gr},2050 — — 0^{gr},3988 AgCl

	Calculé pour $C_6H_4Cl_2$.	Trouvé	
		I.	II.
Carbone.	48,99	48,74	—
Hydrogène	2,74	2,92	—
Chlore	48,25	47,98	48,09

Soumis à l'action prolongée d'un mélange réfrigérant, ce corps ne s'est pas solidifié; nous en avons déterminé le point d'ébullition d'après la méthode de Siwoloboff (*) : il bout vers 177° - 178° . L'ortho-dichlorobenzène bouillant d'après Beilstein et Kurbatow (**) à 179° et l'isomère méta à 172° , nous avons tout lieu d'admettre que nous avons obtenu ici de l'ortho dichlorobenzène, ce qui permet d'assigner à la sulfone et partant à l'acide sulfonique du sulfure de phényle dont elle dérivait, la constitution d'un composé bisubstitué symétrique ortho.

Il suit de là que dans le sulfure de phényle, les atomes d'hydrogène les plus aptes à la substitution seraient ceux qui se trouvent en para par rapport au soufre, surtout quand on opère à chaud; en deuxième ligne viendraient ceux occupant les positions ortho. Il semble donc que le soufre exerce sur l'hydrogène des noyaux benzéniques la même influence que les halogènes, que l'oxygène des groupements énoïques et que l'azote des radicaux amidés.

Nous poursuivons ces recherches.

Liège, Institut de chimie générale.

(*) SIWOLOBOFF. *Berl. Berichte*, vol. XIX, p. 795.

(**) BEILSTEIN et KURBATOW, *Liebig's Annalen*, vol. CLXXVI, p. 40.

Sur quelques dérivés sulfurés du sulfure de phényle ;
par Ed. Bourgeois et Karl Petermann.

Stenhouse (*), en dissolvant le sulfure de phényle dans l'acide sulfurique, obtint une substance qu'il prit pour un acide phényl-hyposulfureux $C_6H_5.S_2O_5H$; mais Krafft (**) et plus récemment Otto et Tröger (***) ont montré que ce corps répond en réalité à la formule $C_{12}H_{10}S_5O_6$ et qu'il doit être considéré comme un acide disulfonique du sulfure de phényle : c'est ce que l'étude que nous avons faite de ses dérivés est venue pleinement confirmer.

Dans une note précédente (iv), nous avons établi que ce n'est pas un, mais deux acides disulfoniques isomères qui peuvent prendre naissance par l'action de l'acide sulfurique sur le sulfure de phényle, l'un ayant les deux groupes SO_5H en para, l'autre en ortho par rapport au soufre unissant les noyaux benzéniques. La formation du composé para, toujours dominante, le devient d'autant plus qu'on opère à température plus élevée : à 100° déjà, il ne se produit presque plus d'acide ortho.

(*) STENHOUSE, *Liebig's Annalen*, 149, p. 234 (1869).

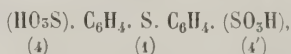
(**) KRAFFT, *Berl. Berichte*, vol. VII, p. 1165 (1874).

(***) OTTO et TRÖGER, *Berl. Berichte*, vol. XXVI, p. 994 (1893).

(iv) Voir ci-devant, p. 950.

En conséquence, pour préparer l'

Acide di-p-sulfonique du sulfure de phényle



on dissout le thioéther dans trois fois son poids d'acide sulfurique ordinaire (densité 1.85), maintenu à 105° dès le début de la réaction; après une douzaine d'heures d'agitation, la dissolution est complète: l'acide sulfurique prend successivement des colorations rouge, pourpre, puis violet foncé, qui disparaissent par l'addition d'eau.

Pour obtenir l'acide libre, le mieux est de neutraliser le produit brut étendu d'eau par du carbonate de plomb et de décomposer par un courant d'acide sulfhydrique le disulfonate de plomb purifié par cristallisation et dissous dans l'eau. Le sulfure de plomb séparé et l'excès d'hydrogène sulfuré expulsé par ébullition, on évapore à sec la solution d'abord sur le bain d'eau, puis dans le vide sur de l'acide sulfurique. Le résidu à peine jaunâtre se prend à la longue en une masse de lamelles cristallines enchevêtrées, de consistance butyreuse, dont l'extrême hygroscopicité nous a rendu impossible la détermination exacte du point de fusion.

Le *chloroanhydride* de cet acide (ClO_2S). $\text{C}_6\text{H}_4 \cdot \text{S} \cdot \text{C}_6\text{H}_4$ (SO_2Cl) a déjà été obtenu par Otto et Tröger (*); on le prépare aisément en mélangeant des poids égaux de disulfonate potassique et de pentachlorure de phosphore bien secs et finement pulvérisés (voir la note précédente) (**). Purifié par cristallisation dans le benzène,

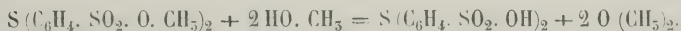
(*) OTTO et TRÖGER, *loc. cit.*

(**) Voir ci-devant, p. 950.

cet anhydride forme de petits prismes rhombiques blancs, fusibles à 159° (à 157° d'après Otto et Tröger); il est peu soluble dans l'éther, même à chaud, davantage dans le benzène.

Cet anhydride ne s'hydrolyse que très difficilement; nous avons pu le soumettre pendant trente-six heures à l'action de deux cents fois son poids d'eau bouillante sans constater de décomposition appréciable.

Les alcools méthylique et éthylique à leur température d'ébullition le scindent beaucoup plus rapidement en acide sulfonique et acide chlorhydrique; il se forme vraisemblablement tout d'abord l'éther composé de l'acide disulfonique, lequel est immédiatement saponifié par l'alcool restant, conformément à l'équation



Cette action saponifiante a une telle tendance à s'exercer que, même à froid, il est fort difficile d'obtenir l'éther composé, le produit principal de la réaction étant toujours l'acide sulfonique lui-même.

Après plusieurs tentatives infructueuses, nous sommes parvenus à préparer une petite quantité de l'éther méthylique de cet acide en laissant agir à 15° du méthanol anhydre sur le tiers de son poids d'anhydride dichloro-sulfonique finement pulvérisé; à cette température, celui-ci ne réagit qu'avec une extrême lenteur et il faut trois à quatre semaines pour que la dissolution soit complète. L'excès d'alcool est alors évaporé dans le vide à la température ordinaire en présence d'acide sulfurique et de chaux vive; on obtient finalement une petite quantité de cristaux de l'éther cherché, empâtés dans une masse

visqueuse d'acide disulfonique. Le rendement est encore plus mauvais si, au lieu du méthanol, on s'avise de faire agir le méthylate de sodium.

L'éther méthylique de l'acide di-*p*-sulfonique du sulfure de phényle, $\text{CH}_3 \cdot \text{O} \cdot \text{SO}_2 \cdot \text{C}_6\text{H}_4 \cdot \text{S} \cdot \text{C}_6\text{H}_4 \cdot \text{SO}_2 \cdot \text{O} \cdot \text{CH}_3$, cristallise de l'alcool méthylique froid en magnifiques prismes brillants, atteignant jusqu'à 2 centimètres de longueur. Récemment préparé, il fondait à 97° , mais après quelques semaines, ayant eu l'occasion d'en reprendre le point de fusion, nous constatâmes que celui-ci s'était élevé à 118° . Cependant l'aspect des cristaux ne s'était pas modifié : ils avaient conservé leur transparence et leur éclat; leur composition était bien celle de l'éther méthylique et par saponification nous avons obtenu l'acide disulfonique initial. Il semble donc qu'il faille rejeter l'hypothèse d'une modification de composition et admettre plutôt un changement d'agré-gation moléculaire. On pouvait croire qu'il suffirait de redissoudre ce corps pour obtenir de nouveau des cristaux fondant à 97° ; il n'en a rien été : les cristaux déposés fondaient immédiatement à 118° . Le peu de matière dont nous disposions ne nous a pas permis de pousser plus loin cette étude; nous nous contentons donc de signaler le fait, nous réservant de l'examiner de plus près dans la suite.

Analyse :

- I. Échantillon fondant à 97° . — $0^{\text{gr}},1241$ de substance ont donné
 $0^{\text{gr}},0433 \text{ H}_2\text{O}$ et $0^{\text{gr}},2040 \text{ CO}_2$.
- II. Échantillon fondant à 118° . — $0^{\text{gr}},1923$ de substance ont donné
 $0^{\text{gr}},0674 \text{ H}_2\text{O}$ et $0^{\text{gr}},3163 \text{ CO}_2$.

	Calculé pour $C_{14}H_{14}S_5O_6$.	Trouvé.	
		I.	II.
Carbone	44,91	44,82	44,87
Hydrogène	3,74	3,87	3,90

Di-p-sulfamide $S(C_6H_4.SO_2.NH_2)_2$.

L'anhydride p-dichlorosulfonique réagit assez aisément sur le carbonate ammonique, qu'il faut toutefois avoir soin de prendre en grand excès : dix à douze fois le poids du chloroanhydride. Les deux réactifs réduits en poudre fine sont intimement mélangés, puis chauffés à 80° aussi longtemps qu'il se dégage des vapeurs ammoniacales. Après refroidissement, on reprend le produit de la réaction par de l'eau qui dissout le chlorure ammonique; le résidu organique est lavé, desséché dans le vide et traité par du benzène bouillant pour en extraire un peu d'anhydride chlorosulfonique échappé à la réaction; on achève enfin la purification de la sulfamide en la dissolvant dans de l'alcool chaud; elle se dépose sous forme de croûtes ou de grains cristallins, fort peu solubles dans les divers dissolvants et fondant à 195°.

Analyse :

0gr,2213 de substance ont donné 0gr,072 H₂O et 0gr,3388 CO₂.

0gr,4101 — — 26cc,9 N (H = 760mm; t° = 0°).

	Calculé pour $C_{12}H_{12}S_2O_4N_2$.	Trouvé.
Carbone	41,86	41,79
Hydrogène	3,48	3,61
Azote	8,13	8,23

L'aniline agit beaucoup plus facilement que l'ammoniaque sur l'anhydride dichlorosulfonique; quand on verse sur 1 partie de celui-ci 4 parties d'aniline, la combinaison se produit de suite avec dégagement de chaleur; il est bon cependant de chauffer à la fin pendant quelque temps sur le bain d'eau, afin d'assurer le complet achèvement de la réaction.

La *sulfanilide* ($\text{C}_6\text{H}_5.\text{NH}.\text{O}_2\text{S}.\text{C}_6\text{H}_4$)₂S est débarrassée par des lavages successifs à l'acide chlorhydrique dilué, à l'eau pure, puis, après dessiccation, au benzène de l'aniline en excès, du chlorhydrate d'aniline et de traces de chloroanhydride indécomposé; elle est enfin cristallisée de l'alcool bouillant. On obtient ainsi de fines aiguilles prismatiques d'aspect soyeux, fondant à 212°,5.

Analyse :

0gr,1330 de substance ont donné 0gr,0495 H₂O et 0gr,2824 CO₂.
 0gr,4325 — — — 19cc,8 N (H = 760mm; t° = 0°).

	Calculé pour $\text{C}_{24}\text{H}_{20}\text{S}_5\text{O}_4\text{N}_2$.	Trouvé.
Carbone	58,07	57,90
Hydrogène	4,03	4,13
Azote	5,64	5,77

Acide di-p-sulfoneux $\text{S}(\text{C}_6\text{H}_4.\text{SO}_2\text{H})_2$.

La poudre de zinc ne réagit qu'assez péniblement sur le dérivé di-p-chlorosulfonique du sulfure de phényle; on arrive cependant à préparer le sulfonite correspondant en malaxant avec de l'eau chaude, de manière à former au début une pâte assez fluide, 1 partie de chloroanhydride avec 4 à 5 parties de poudre de zinc; au bout de

quelque temps, le tout se prend en une masse compacte et dure qu'il importe de broyer le mieux possible.

On peut faciliter sensiblement la réaction en traitant une bouillie épaisse de poudre de zinc et d'eau par le chloroanhydride dissous dans le benzène; on chauffe à l'ébullition aussi longtemps que quelques gouttes de benzène prélevées dans le ballon abandonnent par évaporation de l'anhydride chlorosulfonique.

Le produit de la réaction débarrassé du chlorure de zinc par des lavages à l'eau est mis en digestion sur le bain d'eau avec une solution diluée de carbonate de soude. Après une couple d'heures, on filtre la solution de sulfonite de sodium et on lave à l'eau bouillante le résidu de zinc et de carbonate de zinc. Les liquides filtrés sont traités après concentration par de l'acide chlorhydrique qui précipite l'acide sulfoneux sous forme de petits feuillets brillants presque insolubles dans l'eau froide, se dissolvant un peu mieux dans l'eau bouillante, dans l'éther et surtout dans l'alcool. Ce corps fond en jaunissant à 107° et il se décompose vers 110° .

Analyse :

0gr,2525 de substance ont donné 0gr,0754 H_2O et 0gr,4240 CO_2 .

0gr,3022 — — — 0gr,6754 Ba SO_4 .

	Calculé pour $C_{12}H_{10}S_3O_4$.	Trouvé.
Carbone	45,85	45,78
Hydrogène.	3,18	3,31
Soufre.	30,57	30,69

Par oxydation, il régénère l'acide disulfonique; par réduction, il donne naissance au di-p-thiol du sulfure de phényle.

Di-p-thiol $S(C_6H_4.SH)_2$.

Le sulfonite de zinc, obtenu comme nous venons de le dire en traitant 25 grammes de chloroanhydride par 125 grammes de poudre de zinc, est pulvérisé, introduit dans un ballon et additionné de 150 centimètres cubes d'eau et de 500 grammes d'acide chlorhydrique de densité 1,18. On laisse réagir à froid pendant une douzaine d'heures, puis à une douce ébullition pendant trois heures après addition d'une trentaine de grammes de poudre de zinc fraîche.

Par refroidissement, l'excès de zinc et le thiol se prennent en une masse solide facile à séparer et à laver; on la dessèche dans le vide en présence d'acide sulfurique et on l'épuise par l'éther; par distillation de l'extract, on obtient le thiol sous forme d'une masse blanche jaunissant assez rapidement à l'air. Il cristallise de l'alcool en paillettes brillantes fondant à $116^{\circ},5$ et distillant à $147^{\circ},5-148^{\circ},5$ sous une pression de $11^{mm},5$ de mercure.

L'acétate de plomb dissous dans l'alcool le précipite de sa dissolution alcoolique à l'état de mercaptate jaune orange se décomposant sans fondre vers 278° .

Analyse :

0^{gr},3152 de substance ont donné 0^{gr},4161 H_2O et 0^{gr},6648 CO_2 .

	Calculé pour $C_{12}H_{10}S_5$.	Trouvé.
Carbone	57,60	57,51
Hydrogène	4,00	4,09

Nous en avons préparé l'éther méthylique $S(C_6H_4.S$.

$\text{CH}_3)_2$, en traitant son dérivé sodé par de l'iodure de méthyle; dans la dissolution du mercaptan dans l'éther, nous avons introduit par petits fragments la quantité calculée de sodium; l'hydrogène se dégage et le mercaptate de sodium se précipite sous forme de poudre blanche. On ajoute ensuite l'iodure de méthyle (2 molécules pour 1 de thiol) et l'on chauffe sur le bain d'eau avec réfrigérant à reflux. La réaction s'effectue très rapidement; au bout d'une heure, on reprend par de l'eau froide et on sépare la solution étherée qui, desséchée au chlorure de calcium, abandonne par évaporation le di-p-méthylsulfure. Celui-ci cristallise de l'alcool en grandes lamelles brillantes d'un jaune très pâle, fondant à 89° .

Analyse :

0^{gr},2715 de substance ont donné 0^{gr},1244 H_2O et 0^{gr},5966 CO_2 .

	Calculé pour $\text{C}_{14}\text{H}_{14}\text{S}_3$.	Trouvé.
Carbone.	60,04	59,92
Hydrogène.	5,03	5,09

Nous avons essayé de préparer également l'éther phénylique, $\text{S}(\text{C}_6\text{H}_4.\text{S}.\text{C}_6\text{H}_5)_2$, en chauffant le sel de plomb du di-p-thiol avec du bromobenzène, procédé qui a permis à l'un de nous d'obtenir très aisément un grand nombre de sulfures cycliques de la forme $\text{R}.\text{S}.\text{R}'$ (*). Nos tentatives ont complètement échoué; nous n'avons pu produire la réaction, même en employant un grand excès de bromure (6 molécules) et en chauffant pendant

(*) BOURGEOIS, *Mémoires couronnés et autres mémoires de l'Académie royale de Belgique*, coll. in-8°, t. LIII (1895).

douze heures aux environs de 270°, température très voisine de celle de décomposition du mercaptate.

Ce résultat négatif est à rapprocher de celui déjà signalé dans le travail que nous venons de rappeler : alors que très facilement le bromobenzène fait la double décomposition avec les sels de plomb des monothiols, il ne réagit pas sur ceux des dithiols, de la thiorésorcine, par exemple. Il semble donc se généraliser que les sels de plomb des dithiols ne sont pas attaqués par les dérivés bromés cycliques, soit que les deux groupes sulthydryles appartiennent au même noyau benzénique, soit qu'ils appartiennent à deux noyaux différents déjà en connexion. Cette résistance plus grande peut trouver son explication dans le fait que chez les dimercaptates de plomb le métal est engagé dans une chaîne cyclique



genre de liaison auquel correspond d'ordinaire une plus grande solidité moléculaire.

Anhydride di-p-chlorosulfonique de la sulfobenzide
(ClO₂S). C₆H₄. SO₂. C₆H₄ (SO₂Cl).

Le dérivé di-p-chlorosulfonique du sulfure de phényle (20 grammes) dissous dans 500 centimètres cubes d'acide acétique a été oxydé par 16 grammes de permanganate de potassium en solution aqueuse saturée ; on ajoute le permanganate par petites portions en ayant soin de bien agiter le mélange ; la réaction s'effectue à froid. Après une heure de repos, on ajoute un peu d'eau et l'on fait passer dans le liquide un courant d'anhydride sulfu-

reux qui forme avec l'hydrate de peroxyde de manganèse du sulfate et du dithionate solubles dans l'eau. Après ce traitement, il ne reste plus en suspension dans la liqueur qu'une matière blanche qui est la sulfone attendue.

Cette sulfone est une poudre blanche, insoluble, même à chaud, dans l'eau, l'éther, le benzène, le sulfure de carbone et le tétrachlorure de carbone; elle se dissout un peu dans l'acide acétique bouillant, d'où elle se précipite par refroidissement sous forme de petits cristaux brillants presque microscopiques. Sa purification est extrêmement difficile et nous n'avons pu obtenir un produit irréprochable, ainsi que cela ressort des résultats analytiques.

Analyses :

I. Produit brut : 0^{gr},2713 de substance ont donné 0^{gr},0586 H₂O
et 0^{gr},3562 CO₂.

0^{gr},2315 de substance ont donné 0^{gr},4758 BaSO₄.

II. Produit de première cristallisation dans l'acide acétique :
0^{gr},3007 de substance ont donné 0^{gr},0614 H₂O et 0^{gr},3861 CO₂.

III. Produit de troisième cristallisation dans l'acide acétique :
0^{gr},2932 de substance ont donné 0^{gr},0603 H₂O et 0^{gr},3831 CO₂.
0^{gr},2527 — — 0^{gr},4366 BaSO₄.

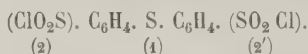
	Calculé pour C ₁₂ H ₈ O ₆ S ₅ Cl ₂ .	Trouvé.		
		I.	II.	III.
Carbone.	34,69	35,80	35,01	34,89
Hydrogène.	1,92	2,39	2,26	2,23
Soufre	23,13	28,23	—	23,70

Le produit III fondait sans netteté et en se décom-

posant vers 217°-220°. Chauffé à 210° avec du pentachlorure de phosphore en excès, il s'est scindé, comme nous l'avons indiqué dans la note précédente (*), pour donner en dernière analyse du para-dichlorobenzène et du chlorure de thionyle.

Par l'ensemble de ses propriétés, cette sulfobenzide dichlorosulfonique diffère complètement de celle obtenue par Otto et Rössing (**) en traitant par PCl_5 le sel sodique de l'acide sulfonedisulfonique qu'ils avaient préparé en chauffant la sulfobenzide avec $\text{Cl.SO}_2\text{H}$; le corps d'Otto et Rössing fond à 175°-176° et il est assez facilement soluble dans le benzène; il diffère aussi, comme nous allons le voir, de la sulfobenzide di-o-chlorosulfonique que nous avons obtenue; peut-être constitue-t-il l'isomère méta, à moins qu'il n'ait les deux groupes chlorosulfoniques fixés sur le même noyau. Nous faisons actuellement quelques essais pour élucider ce point.

Anhydride di-o-chlorosulfonique du sulfure de phényle .



Nous avons dit que le sulfure de phényle en se dissolvant à froid dans l'acide sulfurique formait à côté du dérivé para-disulfonique une petite quantité d'ortho. Bien que les sels alcalins de celui-ci soient plus solubles dans l'eau que ceux de l'isomère para et qu'ils s'accumulent en conséquence dans les dernières eaux mères, il est extrêmement difficile de les obtenir à l'état de pureté. Mieux vaut traiter le mélange des disulfonates par le

(*) Voir ci-devant, p. 953.

(**) OTTO et RÖSSING, *Berl. Berichte*, vol. XIX, p. 3125.

pentachlorure de phosphore et séparer, comme il a été dit (*), les anhydrides chlorosulfoniques.

Par de multiples cristallisations dans l'éther, on finit par obtenir l'anhydride ortho tout à fait pur. Il fond alors à 95°-96° et se dépose de l'éther et de l'acide acétique, dans lesquels il est assez peu soluble, en petits prismes brillants, qui se dissolvent très aisément dans le benzène.

La petite quantité de matière dont nous disposions ne nous a pas permis d'en préparer des dérivés, bien que plusieurs d'entre eux soient des plus intéressants, notamment l'o-dithiol, qui permettrait vraisemblablement de réaliser une synthèse nouvelle extrêmement instructive du thianthrène. Nous avons dû sacrifier l'échantillon tout entier à la préparation de la sulfone correspondante qui nous était nécessaire pour établir la constitution moléculaire du composé.

La *sulfobenzide di-o-chlorosulfonique* a été préparée identiquement comme son isomère para. Elle est assez soluble dans le benzène, d'où elle cristallise en petits prismes brillants. Ceux-ci, desséchés par expression dans du papier buvard et exposition à l'air à la température ordinaire, contiennent encore du benzène, peut-être à l'état de benzène de cristallisation. Chauffée rapidement, la substance fondait vers 80°-90°, dégageait des vapeurs benzéniques et ne tardait pas à se resolidifier pour entrer de nouveau en fusion à 147°-148°. Abandonnés à l'air pendant quelques jours, les cristaux perdent peu à peu leur transparence, deviennent tout à fait opaques et se désagrègent alors facilement sous la moindre pression. Combiné ou simplement occlus, le benzène adhère assez

(*) Voir ci-devant, p. 951.

fortement, ainsi que cela ressort de la série d'analyses que nous avons faite.

Analyses :

I. Produit séché à 100° pendant trois heures :

0^{gr},2080 de substance ont donné 0^{gr},0400 H₂O et 0^{gr},2680 CO₂

II. Produit séché à 100° pendant cinq heures :

0^{gr},2140 de substance ont donné 0^{gr},0410 H₂O et 0^{gr},2750 CO₂

III. Produit fondu à 147-148° :

0^{gr},2502 de substance ont donné 0^{gr},0451 H₂O et 0^{gr},3488 CO₂

0^{gr},3522 — — 0^{gr},5977 BaSO₄

	Calculé pour C ₁₂ H ₈ O ₆ S ₅ Cl ₂ .	Trouvé.		
		I.	II.	III.
Carbone.	34,69	35,13	35,04	34,73
Hydrogène.	1,92	2,13	2,12	1,99
Soufre	23,13	—	—	23,28

Chauffée pendant quelques heures à 210° avec 6 molécules de pentachlorure de phosphore, cette sulfone se scinde d'abord en anhydride o-chloro-phénylchlorosulfonique et anhydride phényl-di-o-chlorosulfonique, qui secondairement, en remplaçant les groupes SO₂Cl par du chlore, se transforment l'un et l'autre en o-dichlorobenzène.

Liège. — Institut de chimie générale.

COMITÉ SECRET.

La Classe prend connaissance, en Comité secret, des listes des candidatures présentées par les Sections pour les places vacantes.



OUVRAGES PRÉSENTÉS.

Devalque (G.). Carte géologique de la Belgique et des provinces voisines. Échelle $\frac{1}{500\ 000}$; 2^e édition, 1903. Paris, 1903; feuille in-plano.

Beneden (Éd. Van) et Van Bambeke (Charles). Archives de biologie, tome XIX, fascicule 4. 1903.

Zunz (Edgard). La digestion des substances albuminoïdes. Bruxelles, 1903; extr. in-8° (20 p.).

— Nouvelles recherches sur la digestion de la viande dans l'estomac et dans la première portion de l'intestin grêle chez le chien. Bruxelles, 1903; extr. in-8°.

Jorissen (A.). Réaction de l'apiol. Liège, 1900, extr. in-8° (2 p.).

— Recherche de l'acide cinnamique en présence d'acide benzoïque. Liège, 1900; extr. in-8° (3 p.).

— Arséniate sodique et liqueur Pearson. Liège, 1901; extr. in-8° (7 p.).

— A propos de l'huile d'olive officinale. Liège, 1902; extr. in-8° (12 p.).

— Sur une réaction de l'hydrastinine. Liège, 1902; extr. in-8° (2 p.).

— Recherches sur la préparation de divers médicaments et sur la composition de quelques aliments ou boissons. Liège, 1902; extr. in-8° (22 p.).

— Recherche des peroxydes dans l'éther. Liège, 1903; extr. in-8° (2 p.).

Recherches de biologie expérimentale, appliquée à l'agriculture, tome I, fascicules 2-4. (Émile Laurent.) Bruxelles, 1903; in 8°.

État Indépendant du Congo. Publications : Notes sur quelques Apocynacées laticifères de la flore du Congo, par Émile De Wildeman, I. 1903; in-8° (96 p. et 3 pl.).

Harchman (P.). Présence de diastases dans les liquides physiologiques, leur origine et leur signification pathologique dans ces milieux. Tournai, 1903; in-8° (17 p.).

Pâque (E.). Note sur quelques observations botaniques faites au parc de Weillen. Bruxelles, 1902; extr. in-8° (4 p.).

— Observations sur quelques plantes nouvelles de Namur et de Luxembourg. Bruxelles, 1902; extr. in-8° (5 p.).

Brachet (A.). Recherches sur l'origine de l'appareil vasculaire sanguin chez les Amphibiens. Liège, 1903; extr. in-8° (46 p. et 2 pl.).

D'Hollander (F.). Recherches sur l'oogenèse et sur la structure et la signification du noyau vitellin de Balbiani chez les oiseaux. Gand, 1903; extr. in-8° (4 p.).

Lambert (J.). Description des Échinides crétacés de la Belgique, X : Étude monographique sur le genre *Echinocorys*. Bruxelles, 1903; extr. in-4° (151 p. et 6 pl.).

Reychler (A.). Les théories physico-chimiques, 3^e édition. Bruxelles, 1903; in-8° (viii-409 p.).

— Même ouvrage traduit en hongrois, en allemand et en russe. Prague, 1902; Brunswick, 1903; Saint-Pétersbourg, 1903. 3 vol. in-8°.

Natuur- en geneeskundig Congres. Handelingen van het 6^{de} Vlaamsch Congres (1902). Gand-Courtrai, 1902; in-4°.

Observatoire royal de Belgique. Annuaire astronomique, 1904. In-12.

Club alpin belge. Bulletin, n° 28. 1903.



ALLEMAGNE ET AUTRICHE.

FRIBOURG. *Naturforschende Gesellschaft*. Berichte, Band XIII. 1903.

CARLSRUHE. *Naturwissenschaftlicher Verein*. Verhandlungen, XVI. Band, 1902-1903.

LINZ. *Museum Francisco-Carolinum*, XLI. Jahresbericht, 1903.

VIENNE. *Kaiserl. Akademie der Wissenschaften*. Denkschriften der mathem.-naturwissenschaftliche Classe, Band LXII.
— Sitzungsberichte der historische Classe, Band CXLV.
— Mitteilungen der Erdbeben-Commission, nos X-XIII.

Blanco (*Jacobo*). Memoria de la Sección mexicana de la Comisión internacional de límites entre México y los Estados Unidos que restableció los monumentos de el paso al Pacífico (1892-1895). New-York, 1901 ; 2 vol. in-4° et atlas in-plano.

WASHINGTON. *Coast and geodetic Survey*. Report, 1901-1902. In-4°.

— A bibliography of geodesy (James Howard). 1903 ; in-4°.

— U. S. *Naval Observatory*. Publications, volume III. 1903 ; in-4°.

FRANCE.

Loewy (*Michel*). Recherches nouvelles sur la détermination absolue des coordonnées équatoriales des étoiles et de la latitude. Paris, 1898 ; in-4° (22 p.).

— Discours prononcé aux funérailles de M. Faye. Paris, 1902 ; in-4° (7 p.).

— Sur la précision des coordonnées des astres obtenues à l'aide de mesures effectuées sur leurs images photographiées. Paris, 1902 ; in-4°.

LILLE. *Société géologique du Nord*. Annales, tome XXXI, 1902.

ANGERS. *Société d'agriculture, sciences et arts*. Mémoires, tome V, 1902.

BESANÇON. *Académie des sciences, belles-lettres et arts*. Procès-verbaux et Mémoires, 1902.

LYON. *Muséum d'histoire naturelle*. Archives, tome VIII, 1903; in-4°.

BORDEAUX. *Société linnéenne*. Actes, volume LVII, 1902.

ARRAS. *Académie des sciences, lettres et arts*. Mémoires, t. XXXIII, 1902.

PARIS. *Ministère de l'Instruction publique*. Carte photographique du Ciel, zone + 1, feuilles 37, 45, 48, 50, 111, 112; zone — 1, feuilles 37, 42, 43, 55, 97; zone + 3, feuilles 21, 27, 61, 93, 97, 108, 114; zone + 16, feuilles 121, 140, 152; zone + 20, feuilles 1, 14, 16, 178-180; zone + 22, feuilles 11, 13, 56, 73, 82, 83, 86, 98, 100, 110, 122, 123, 133, 136, 160, 161, 174; zone + 24, feuilles 41, 57, 93, 102, 125, 128, 129, 131, 132, 134, 139.

— *Société zoologique*. Mémoires, tome XV, 1902.

— *Bulletin scientifique* (Alfred Giard), t. XXXVII, 1903.

— *Observatoire de Paris*. Catalogue photographique du Ciel : coordonnées rectilignes, tome I. — Annales, tome XXIII, 1902. — Catalogue : Positions observées des étoiles, tome IV.

GRANDE-BRETAGNE ET COLONIES.

CALCUTTA. *Trigonometrical Survey*. Account of the operations, volume XVI. 1901; in-4°.

ÉDIMBOURG. *Royal Society*. Transactions, vol. XLI, parts 1 and 2; vol XLII. 1901-1902; in-4°.

LONDRES. *Geological Survey*. Memoirs : The cretaceous rocks of Britain, volume II, 1903.

ITALIE.

Sacerdoti (Ad.). Cenni sulle tavole di vitalità composite dal professore don Giuseppe Toaldo, edite in Padova nel 1787. Padoue, 1903; in-8° (22 p.).

Galilée. Le opere di Galileo Galilei, volume XIII. Florence, 1903; in-4°.

ROME. *Osservatorio Vaticano*. Catalogo fotografico stellare, zona Vaticana, volume I. 1903; in-4°.

TURIN. *Reale Accademia delle scienze*. Memorie, tomo LII, 1903; in-4°.

ACIREALE. *R. Accademia*. Rendiconti e Memorie, 1901-1902.

PISE. *Società di scienze naturali*. Atti, volume XIX, 1903.

NAPLES. *Società Reale*. Atti, archeologia, XXII. Atti, fisiche e matematiche, XI, 1902.

BRESCIA. *Ateneo*. Commentarii, 1902.

— Il primo secolo dell' Ateneo, 1802-1902. 1902; in-4° (XLVIII-482 p.).

MILAN. *R. Osservatorio*. Pubblicazioni n° XLII : Determinazioni di azimut e di latitudine. (Michele Rojna.) 1902; in-4°.

PAYS DIVERS.

TRIESTE. *Museo civico di storia naturale*. Atti, X. 1903.

UTRECHT. *Physiologisch laboratorium*. Onderzoekingen, 5^{de} reeks, IV, 2^{de} aflevering, 1903. (Pekelharing en Zwaardemaker.)

Wolfer (A.). Astronomische Mitteilungen, Nr XCIV. 1902.

Ferron (Eug.). Le second viaduc sur la Pétrusse, à Luxembourg. Luxembourg, 1903; in-4° (15 p., 1 pl.).

COPENHAGUE. *Conseil permanent international pour l'explo-*

ration de la mer. Bulletin des résultats acquis pendant les courses périodiques, n° 3, février 1903. In-4°.

— Rapports et procès-verbaux des réunions, volume I, 1902-1903. In-4°.

SAINT-PÉTERSBOURG. *Observatoire central Nicolas.* Publications, vol. IX, 1, 2; XII; XVII, 1. 1903; in-4°.

— *Académie impériale des sciences*, Procès-verbaux des séances de l'Académie depuis sa fondation, tomes I-III, 1725-1783.

— Publications de circonstance :

N° 1 : How to distinguish between mature and immature plaice throughout the year. A preliminary communication. (Joh. Petersen.)

N° 2 : On the standard-water used in the hydrographical research until Juin 1903. (Martin Knudsen.)

N° 3 (édition anglaise) : The literature of the ten principal food fishes of the North Sea in the form of compendious monographs, 1903; in-8°.

Nos 4-5 : Ueber den Gebrauch von Stickstoffbestimmungen in der Hydrographie. Gefrier-Punktabelle für Meerwasser (M. Knudsen). 1903.

BALE. *Naturforschende Gesellschaft.* Verhandlungen, Bände XV und XVI, 1903.

BERNE. *Naturforschende Gesellschaft.* Verhandlungen, 1902.

— *Société helvétique des sciences naturelles.* Comptes rendus des 84^e et 85^e sessions, 1901-1902.



BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1903. — N° 11.

CLASSE DES SCIENCES.

Séance du 7 novembre 1903.

M. P. MANSION, directeur, président de l'Académie.

M. le chevalier EDMOND MARCHAL, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. Léon Fredericq, *vice-directeur* ;
G. Dewalque, C. Malaise, F. Folie, Jos. De Tilly, Ch. Van
Bambeke, Alfr. Gilkinet, G. Van der Mensbrugghe,
W. Spring, Louis Henry, M. Mourlon, P. De Heen,
C. Le Paige, Ch. Lagrange, J. Neuberg, A. Lancaster,
J. Fraipont, *membres* ; MM. Jorissen, P. Francotte,
P. Pelseneer et Aug. Lameere, *correspondants*.

MM. Van Beneden et Vanlair écrivent pour motiver leur absence.

M. le Président annonce qu'il s'est empressé, d'accord avec M. le Secrétaire perpétuel, d'adresser à Sa Majesté le Roi, Protecteur de l'Académie, une lettre de félicitations au sujet de la naissance du Prince Charles-Théodore de Belgique.

CORRESPONDANCE.

La Société silésienne pour la culture nationale, à Breslau (*Schlesische Gesellschaft für vaterländische Cultur*), annonce qu'elle célébrera son 100^e anniversaire de fondation le 17 décembre prochain.

Une Adresse de félicitations sera envoyée à cette institution.

— M. O. Heckers envoie de Potsdam un exemplaire de son livre imprimé : *Bestimmung der Schwerkraft auf dem Atlantischen Ozean sowie in Rio de Janeiro, Lissabon und Madrid*, pour prendre part au concours pour le prix Charles Lagrange, fondé pour la physique du globe.

— Pris pour notification; le concours ne sera clôturé que le 31 décembre 1904.

— Hommages d'ouvrages :

1^o *Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht*, par S. A. S. M^{gr} Albert I^{er}, prince de Monaco, fascicules XXIII et XXIV;

2^o *Une page de l'histoire de la fortification. Le lieutenant général Brialmont (25 mai 1824-20 juillet 1905)*; par le capitaine commandant C. Beaujean;

3^o *Vers le pôle Sud. Impressions éprouvées à bord de la « Belgica »*; par G. Lecointe;

4^o *Solution mathématiquement exacte du problème historique de la division d'un angle pris à volonté en un nombre pris à volonté de parts égales*; par I. Laouchèwitch.

— Remerciements.

— Travaux manuscrits à l'examen :

1^o *Expériences nouvelles relatives à l'arc électrique et au phénomène de Duddel*; par Eug. Lagrange. — Commissaires : MM. De Heen et Van der Mensbrugghe;

2^o *Du mode d'action de l'acide sur la sécrétion biliaire*; par C. Fleig, à Montpellier. — Commissaires : MM. L. Fredericq et Masius;

3^o *Contribution à l'étude de la sécrétion biliaire : action du chloral*; par le D^r A. Falloise. — Commissaires : MM. Masius et Fredericq;

4^o A. *De l'absorption intestinale de la propeptone chez le chien*, 1^{re} partie; B. *De l'absorption péritonéale de la propeptone chez le chien*; par P. Nolf. — Mêmes commissaires.

COMMUNICATIONS ET LECTURES.

OBSERVATIONS SUR UNE « RÉPLIQUE » DE M. FOLIE (1),
par Ch. Lagrange, membre de l'Académie.

1. Dans une lecture faite à la séance de mars 1903, j'ai signalé la priorité de résultats, établis par moi et relatifs au mouvement de rotation de la Terre, sur ceux d'un travail récent de M. Darwin, qu'avaient présentés comme nouveaux MM. Folie et Le Paige. M. Le Paige et M. Darwin lui-même ont reconnu le bien fondé de cette revendication (2).

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), 1903, n° 6.

(2) Dans une note insérée au *Bulletin*, M. Le Paige a regretté d'avoir perdu de vue mon travail.

C'est ce que mon honorable confrère avait du reste déjà fait en m'écrivant dès le lendemain de cette lecture, dans des termes qu'il doit m'être permis de reproduire et qui honorent autant sa loyauté que sa courtoisie : « Mon cher Confrère, je viens de relire votre travail » de février 1895 et je regrette plus vivement encore de l'avoir totalement perdu de vue lorsque j'ai fait mon rapport sur le mémoire de » M. Darwin. Vous y avez traité la question d'une manière complète, » et si la mémoire ne m'avait pas fait défaut, j'eusse certainement » rappelé les résultats que vous avez obtenus. » (Lettre du 8 mars 1903.)

De son côté, M. Darwin, dans une lettre du 14 octobre 1903, inspirée des mêmes sentiments et dont il m'autorise à faire tel usage

De son côté, M. Folie, dans une « Réplique » à ma communication, va jusqu'à m'adresser des « félicitations » au sujet d'un « travail aussi neuf et aussi correct... », dit-il, que ce mémoire, lu par moi en séance (février 1895), mais qu'il déclare n'avoir jamais examiné; et l'incident serait donc clos si notre honorable confrère n'avait pas cru devoir accompagner sa déclaration de commentaires qui touchent au fond de la question, et qui la dénaturent à un tel point que je me sens, bien à regret, obligé de les relever.

2. Dans ma revendication de priorité, je rappelle l'existence de deux mémoires publiés par l'Académie en 1894-1895 et que je désignerai par A et B. M. Folie déclare que la lecture de A lui a donné si mauvaise opinion de son auteur qu'il a jugé inutile de lire le second mémoire B. Mais comme il ne peut s'en prendre à la substance mathématique identique de ces deux mémoires, ni à leurs formules exactes et d'accord, il se rabat sur ce que, en opposition avec MM. Tisserand et Radau, je n'admets pas, il le prétend, le caractère diurne de la « nutation eulérienne de l'axe d'inertie ». Cependant dans le mémoire A, je dis expressément le contraire, et mes formules y font foi que je suis tout au contraire entièrement d'accord avec ces géomètres et la méca-

que je jugerai convenable, me dit : qu'il ne lui reste qu'à exprimer ses regrets de ce qu'en écrivant sa Note il ignorait l'existence de mon travail, ses conclusions de 1903 au sujet de la Nutation eulérienne étant les mêmes que celles que j'avais établies en 1895. (Lettre du 14 octobre 1903.)

nique, sur ce que M. Folie dénomme ainsi et qui n'est autre chose que le mouvement conique diurne de l'axe d'inertie dans l'espace. M. Folie va encore plus loin; il ajoute qu'aujourd'hui même je n'admets pas plus cette nutation diurne qu'autrefois. Je me bornerai à lui demander alors d'expliquer comment, si je professe toujours cette erreur, qui, dit-il, l'avait engagé autrefois à ne pas lire le mémoire B, il peut, maintenant qu'il l'a lu, le déclarer remarquablement correct et neuf. Cela tient mal ensemble. L'explication évidente, c'est que notre honorable confrère cherche simplement une diversion en essayant de tirer à lui les noms de MM. Tisserand et Radau, comme il vient de le faire d'une manière assez fâcheuse avec celui de M. Darwin. Tout ce qu'on peut dire, c'est que pour que ce procédé d'argumentation fût bon, il ne faudrait pas que les formules de ceux qu'il attaque soient toujours entièrement d'accord avec celles des autorités qu'il leur oppose.

3. M. Folie me reproche ensuite de n'avoir pas lu attentivement son mémoire, et d'avoir déclaré que pour lui l'axe instantané est immuable dans l'espace. Or, j'ai, bien au contraire, lu très attentivement le travail de M. Folie, et j'ai dit non que M. Folie déclare que l'axe instantané est immobile, mais, en atténuant de moi-même les termes absolus dont se sert M. Folie et qui pourraient donner à penser le contraire, qu'il le *regarde* comme immobile, et c'est ce qu'il fait en effet dans sa conception du mouvement; mais, à côté de cela, ce que j'ai relevé absolument, c'est que cette introduction d'une *approximation* est, dans l'espèce de la question, une véritable

erreur, attendu qu'il s'agit de l'explication du fait *théorique* de la nutation eulérienne; or, quelque petit que soit le déplacement instantané, proposer ici de le négliger sans inconvénient « comme insensible », ce serait ignorer la question, puisque si ce déplacement de l'axe n'existe pas, il n'existe pas du tout de nutation eulérienne. A côté de cela, d'ailleurs, M. Folie émet des idées qui ne pourraient pas même se retrancher derrière ce prétexte d'une approximation; aucun mécanicien ne souscrira jamais, par exemple, à ce qu'il dit que le mouvement absolu de la Terre ne consiste pas seulement dans le mouvement autour de l'axe instantané, mais qu'il y a, en outre, un mouvement autour d'un axe dans l'équateur; c'est une erreur théorique radicale, puisque, par la définition même de l'axe instantané, il n'existe absolument aucun autre mouvement de la Terre que son mouvement autour de cet axe. De même en est-il quand il soutient qu'il existe des variations diurnes (1) de la hau-

(1) Dans la formule (Liv. V, § 4) de Laplace, θ est l'angle de l'équateur d'inertie avec une écliptique fixe, et les termes d'ordre diurne du second membre concernent θ et n'ont rien à voir avec une hauteur du pôle; mais la constante G qui multiplie ces termes dépend de l'angle entre l'axe d'inertie et l'axe instantané [celui-ci et son pôle, comme le rappelle expressément Laplace, qui parle aussi de ses déplacements dans la Terre (Liv. I, §§ 26, 28, 30; Liv. V, § 8), étant axe et pôle réels de rotation]; et c'est à propos de cette constante seule et non pas du terme diurne lui-même que Laplace parle ensuite des observations *journalières* (journalier = qui se fait chaque jour), c'est-à-dire des observations courantes de la latitude, qui mettraient G en évidence si elle était sensible; or il conclut des

teur du pôle géographique (pôle d'inertie); l'axe géographique et la verticale du lieu étant des lignes fixes du globe solide, c'est comme si l'on soutenait que le mouvement de la Terre indéformable fait varier la distance de deux clochers.

4. Il me reste à relever une dernière critique que m'adresse mon honorable contradicteur et dont, certainement, il a bien mal mesuré la portée.

M. Folie déclare que s'il trouve neuf et correct mon mémoire B, c'est seulement *dans le méridien*, attendu que toutes mes formules sont établies *dans le méridien*. Il cite à cet égard ma formule (12), identique à celle de M. Le Paige, formule qui fait connaître l'angle entre l'axe d'inertie de la Terre et la direction fixe d'une étoile, et où l'on voit clairement se manifester le mouvement conique diurne de cet axe, ce mouvement dont il était question plus haut (§ 2) et qu'il me reprochait de méconnaître. Or non seulement ce reproche de M. Folie est injustifié, mais on ne lui découvre aucun sens si on le prend en lui-même, puisque l'angle entre l'axe de la

observations faites de son temps (c'est-à-dire de ces observations courantes, mais alors trop peu précises, de la latitude) que G est insensible. Laplace n'a donc fait ici qu'indiquer la voie à des déterminations plus précises telles que celles de Peters en 1845, prouvant qu'en réalité G est sensible; aux recherches de Serret, en 1859, concluant de la permanence des latitudes dans la limite de 1'' que G sera toujours très petit, etc. Mais ni mathématiquement, ni littérairement, ni même historiquement, *journalier* n'a pu, pour Laplace, comme le prétend M. Folie, vouloir dire ici *diurne*.

Terre et une direction fixe de l'espace est absolument indépendant de la position de tel ou tel observateur. C'est, pour donner une idée de l'objection, comme si quelqu'un reprochait à un astronome qui a déterminé les coordonnées géographiques d'un lieu, de ne l'avoir fait que pour ceux qui y passent en chemin de fer et non pas pour les gens de l'endroit.

Mais voici maintenant la conséquence pratique à laquelle, vraisemblablement, mon honorable contradicteur n'a pas pris garde. Dès qu'il s'en prend aux formules, les reproches de M. Folie s'adressent à M. Darwin et à mon confrère M. Le Paige aussi bien qu'à moi. Or puisque mes formules sont identiques à celles de M. Darwin, je demande pourquoi M. Folie n'a pas fait à M. Darwin le reproche qu'il m'adresse; bien plus, comment il a pu dire que ces formules, sans compter celles de M. Le Paige, affectées aussi du même défaut rédhibitoire, doivent enfin tirer l'astronomie du XX^e siècle de l'ornière où elle était jusqu'ici enlisée? Car, en effet, grâce à cette identité des formules, MM. Darwin, Le Paige et moi-même sommes ici liés, et l'on ne peut se débarrasser de l'un de nous qu'en nous jetant tous les trois par-dessus bord. Si l'un des trois est dans le méridien, tous les trois y sont, et notre honorable critique est seul à en sortir.

5. Cette unité de nos résultats parle, je pense, assez d'elle-même, et ramène utilement une observation déjà présentée dans mon mémoire de 1894 : c'est que si le problème de la rotation de la Terre est délicat et difficile, il est cependant entièrement défini ; on ne peut dès lors

que protester contre l'idée, que semblerait vouloir faire prévaloir M. Folie, qu'il s'agirait en tout ceci de manière de voir et d'interprétation. Les résultats que j'ai établis dans mon mémoire de 1895 sont reconnus corrects par M. Folie lui-même; ces résultats, dans une matière qui faisait depuis des années l'objet de ses recherches, n'avaient donc pas encore été trouvés par lui; ils ne l'étaient pas encore aujourd'hui, c'est-à-dire dix ans plus tard. Or il a suffi que d'autres, comme MM. Darwin et Le Paige, soumettent le problème au calcul, pour que, d'emblée, nous nous soyons trouvés tous les trois d'accord. Je dis que ce fait parle plus haut que toutes les discussions. Il provient d'ailleurs simplement de ce que si l'on calcule juste et que l'on mette assez d'attention aux conditions théoriques de la question, il n'y a pas deux méthodes et deux voies à suivre. Si notre honorable confrère est en désaccord aujourd'hui avec MM. Darwin, Le Paige et moi-même, c'est pour la même simple raison qui, il y a dix ans déjà, le mettait en désaccord avec tous les astronomes et les géodésiens; ce n'est nullement parce que ceux-ci étaient majorité qu'ils avaient raison; c'est simplement parce qu'au lieu de procéder par à peu près, ils suivaient tous la voie unique de la mécanique rationnelle, qui ne peut donner deux résultats différents; et — ce qui pourrait être le dernier mot de cette discussion — alors comme aujourd'hui il n'y avait, pour ainsi dire, aucun mérite à être d'accord.

MÉCANIQUE RATIONNELLE. LA MACHINE A MOUVEMENT PERPÉTUEL ET LA QUESTION DU RADIUM. — *Sur la rotation indéfectible d'un système et la production indéfinie d'un travail utilisable, sous la seule action d'un potentiel (newtonien) fixe*; par Ch. Lagrange, membre de l'Académie.

1. Je me propose de démontrer que l'attraction de centres fixes peut déterminer, à partir du repos, la rotation croissante et toujours de même sens d'un système matériel autour d'un axe fixe.

Il n'est pas nécessaire, pour prouver ce fait important et en déduire, avec toute leur portée, les conséquences en mécanique et en physique, d'analyser les formules les plus générales qu'il comporte (*) et que j'établirai ultérieurement. Il suffit, pour le mettre hors de doute, de traiter ici un cas particulier.

2. Soit (fig. 1) un système formé de n rayons équidistants, comprenant entre eux des angles successifs égaux à $\frac{2\pi}{n}$, et pouvant tourner dans son plan autour du centre fixe O. Chaque rayon porte une masse m qui peut se mouvoir sur lui longitudinalement. La course de m vers O est limitée par un point fixe A du rayon ($OA = r_0$); elle est soumise, au delà de A, à une force $K\varphi(r)$, K étant

(*) Il s'agit d'une classe étendue de problèmes concernant les systèmes déformables dont les points, au lieu d'être libres comme dans le fluide hydrodynamique, sont assujettis à des liaisons, par des lignes ou surfaces, soit entraînées dans le mouvement du système, soit indépendantes et fixes.

un paramètre, agissant suivant le rayon $Om = r$ (force élastique d'un ressort). Le système est soumis à l'action d'un potentiel fixe, que nous supposerons plus loin être le

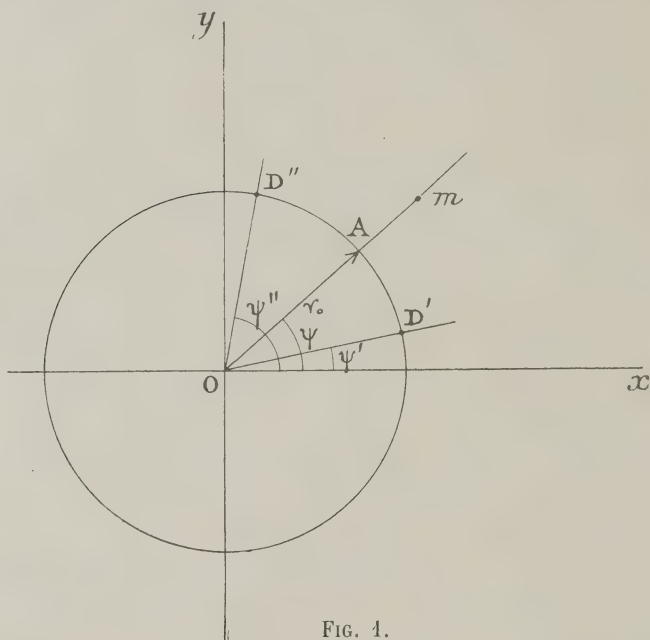


FIG. 1.

potentiel newtonien, V , d'un système matériel fixe extérieur situé dans le plan de rotation. On peut d'ailleurs faire abstraction du potentiel du système des masses m elles-mêmes. Le moment de rotation dû à ce potentiel est nul, et il n'intervient qu'indirectement dans la déformation et par un terme d'ordre $\frac{m}{\mu}$. Cela revient, d'une manière analogue à ce qu'on fait dans un cas classique du problème des trois corps, à considérer les masses perturbatrices m comme infiniment petites.

ψ étant l'angle qui détermine la position, par rapport

à l'axe Ox , d'un rayon désigné pris pour repère, les angles analogues seront, pour les $n - 1$ autres rayons, $\psi + i \cdot \frac{2\pi}{n}$ ($i = 1, 2, \dots, n - 1$). On a donc $n + 1$ variables, indépendantes de la liaison des rayons, savoir l'angle ψ du rayon initial et les n distances r des n masses m au centre O . Soient, par rapport à des axes fixes Ox, Oy , $x = r \cos \psi$, $y = r \sin \psi$, les coordonnées d'une masse $m(r, \psi)$. La demi-force vive du système sera, en posant

$$\frac{dx}{dt} = x', \quad \frac{dy}{dt} = y', \quad \frac{dr}{dt} = r', \quad \frac{d\psi}{dt} = \psi',$$

$$T = \frac{1}{2} \sum m (x'^2 + y'^2) = \frac{1}{2} \sum m (r'^2 + r^2 \psi'^2),$$

la somme s'étendant aux n masses m . On en tire, afin d'appliquer les équations de Lagrange,

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dT}{d\psi'} = \sum m r^2 \psi' \\ \frac{d}{dt} \frac{dT}{d\psi'} = \sum m r^2 \psi'' + 2 m r r' \psi' \\ \frac{dT}{d\psi} = 0, \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dT}{dr'} = m r' \\ \frac{d}{dt} \frac{dT}{dr'} = m r'' \\ \frac{dT}{dr} = m \psi'^2 r, \end{array} \right.$$

et l'on a donc, X, Y étant les composantes de la force qui agit sur m ,

$$(1) \quad \sum mr^2\psi'' + 2mrr'\psi' = \sum \left(X \frac{dx}{d\psi} + Y \frac{dy}{d\psi} \right);$$

et, pour chaque rayon r ,

$$(2) \quad mr'' - mr\psi'^2 = X \frac{dx}{dr} + Y \frac{dy}{dr}.$$

Or

$$X = m \frac{dV}{dx} + K_{\varphi}(r) \cos \psi$$

$$Y = m \frac{dV}{dy} + K_{\varphi}(r) \sin \psi,$$

$$\frac{dx}{d\psi} = -r \sin \psi, \quad \frac{dy}{d\psi} = r \cos \psi, \quad \frac{dx}{dr} = \cos \psi, \quad \frac{dy}{dr} = \sin \psi;$$

d'où

$$\begin{aligned} X \frac{dx}{d\psi} + Y \frac{dy}{d\psi} &= -mr \frac{dV}{dx} \sin \psi + mr \frac{dV}{dy} \cos \psi \\ &+ K_{\varphi}(r) (-\cos \psi \sin \psi + \sin \psi \cos \psi) = m \frac{dV}{d\psi}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X \frac{dx}{dr} + Y \frac{dy}{dr} &= m \frac{dV}{dx} \cos \psi + m \frac{dV}{dy} \sin \psi \\ &+ K_{\varphi}(r) (\cos^2 \psi + \sin^2 \psi) = m \frac{dV}{dr} + \varphi(r); \end{aligned}$$

et les relations (1) et (2) s'écrivent :

$$\left\{ \begin{array}{l} (3) \quad \sum mr^2\psi'' + 2mrr'\psi' = \sum m \frac{dV}{d\psi} \\ (n) \quad (4) \quad mr'' - mr\psi'^2 = m \frac{dV}{dr} + K_{\varphi}(r). \end{array} \right.$$

Ces relations, qu'on aurait pu d'ailleurs écrire plus directement, constituent $(n + 1)$ équations entre les $(n + 1)$ variables dépendantes du temps (ψ et les n rayons r) et contiennent la solution du problème.

3. La question qui nous occupe est celle de savoir si l'équilibre du système est possible. Si le moment de rotation ne passe pas par zéro, il y aura une rotation croissante et indéfectible dans un sens déterminé.

La condition nécessaire et suffisante pour l'équilibre est que l'on ait $r' = 0$ ($r'' = 0$), $\psi' = 0$ ($\psi'' = 0$). Elle est donc exprimée par les deux relations

$$\left\{ \begin{array}{l} (5) \quad \Sigma m \frac{dV}{d\psi} = 0, \\ (n) \quad (6) \quad m \frac{dV}{dr} + K_{\varphi}(r) = 0. \end{array} \right.$$

Comme le moment de rotation est $M = \Sigma m \frac{dV}{d\psi}$, (5) n'est autre chose que $M = 0$. Il s'agit donc de voir si l'on peut avoir $M = 0$ pour le système déformé suivant les r d'après la condition (6).

4. Ceci posé, considérons les lignes d'égal potentiel V du système extérieur comme coupant le cercle de rayon r_0 chacune en deux points; et soient, sur le cercle de rayon r_0 , D' et D'' les deux points où la composante radiale exercée sur une masse m est égale à la force répulsive (tension du ressort).

On aura, en ces deux points,

$$(7). \quad . \quad . \quad . \quad . \quad K_{\varphi}(r_0) + m \left(\frac{dV}{dr} \right)_0 = 0,$$

équation qui fera connaître les angles de position, ψ' et ψ'' , de D' et D''.

Si d'ailleurs on désigne par $M_0 = \Sigma m \left(\frac{dV}{d\psi} \right)_0$ le moment de rotation qui serait exercé sur le système des n masses m supposées toutes sur le cercle de rayon r_0 , on aura

$$(8). \quad . \quad . \quad . \quad M = M_0 + \sum_{\psi'}^{\psi''} m \left[\frac{dV}{d\psi} - \left(\frac{dV}{d\psi} \right)_0 \right],$$

le signe $\Sigma_{\psi'}^{\psi''}$ s'étendant à l'arc D'D'', où la force radiale $\frac{dV}{dr}$ est positive, c'est-à-dire élève au-dessus du cercle r_0 les masses m . Il est visible qu'à mesure que le nombre n des rayons croît, M_0 tend vers $M_0 = 0$, et la somme $\Sigma_{\psi'}^{\psi''}$ vers une intégrale définie, m devenant proportionnel à $d\psi$, de telle sorte qu'à la limite on pourra écrire M sous la forme

$$(9). \quad . \quad . \quad . \quad M = \int_{\psi'}^{\psi''} m' \left[\frac{dV}{d\psi} - \left(\frac{dV}{d\psi} \right)_0 \right] d\psi,$$

m' étant un paramètre constant.

Comme on peut prendre le nombre n des rayons aussi grand qu'on veut, la proposition se réduit à démontrer que l'intégrale (9) est, en général, différente de zéro.

5. Reprenons l'équation (6) qui définit la déformation du système. En posant

$$\frac{m}{K} = q,$$

on l'écrira

$$(10) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \varphi(r) + q \frac{dV}{dr} = 0;$$

et l'on en tirera $r - r_0 = \rho$, sous la forme

$$(11) \quad \rho = \left(\frac{dr}{dq} \right)_0 q + \left(\frac{d^2r}{dq^2} \right)_0 \frac{q^2}{1.2} + \left(\frac{d^3r}{dq^3} \right)_0 \frac{q^3}{1.2.3} + \dots$$

$$= aq + bq^2 + cq^3 + \dots,$$

en développant r suivant les puissances du paramètre q , les dérivées successives correspondant à la valeur $r = r_0$.

D'autre part, en développant $\frac{dV}{d\psi} - \left(\frac{dV}{d\psi} \right)_0$ [form. (9)] suivant les puissances de ρ , on aura

$$(12) \quad \frac{dV}{d\psi} - \left(\frac{dV}{d\psi} \right)_0 = \left(\frac{d \frac{dV}{d\psi}}{dr} \right)_0 \rho + \left(\frac{d^2 \frac{dV}{d\psi}}{dr^2} \right)_0 \frac{\rho^2}{1.2}$$

$$+ \left(\frac{d^3 \frac{dV}{d\psi}}{dr^3} \right)_0 \frac{\rho^3}{1.2.3} + \dots = \left(\frac{d \frac{dV}{d\psi}}{d\rho} \right)_0 \rho$$

$$+ \left(\frac{d^2 \frac{dV}{d\psi}}{d\rho^2} \right)_0 \frac{\rho^2}{1.2} + \left(\frac{d^3 \frac{dV}{d\psi}}{d\rho^3} \right)_0 \frac{\rho^3}{1.2.3} + \dots$$

$$= A\rho + B\rho^2 + C\rho^3 + \dots,$$

où l'on aura, d'après (11),

$$\rho = aq + bq^2 + cq^3 + \dots$$

$$\rho^2 = a^2q^2 + 2abq^3 + \dots$$

$$\rho^3 = a^3q^3 + \text{etc.}$$

etc.;

et, en substituant dans (12),

$$(13) \quad \frac{dV}{dq} - \left(\frac{dV}{dr} \right)_0 = Aaq + (Ab + Ba^2) q^2 + \dots$$

Actuellement, la dérivation de (10) par rapport à q donne :

$$\left\{ \begin{array}{l} \varphi'(r) \frac{dr}{dq} + \frac{dV}{dr} + q \frac{d^2V}{dr^2} \frac{dr}{dq} = 0 \\ \varphi''(r) \left(\frac{dr}{dq} \right)^2 + \varphi'(r) \frac{d^2r}{dq^2} + 2 \frac{d^2V}{dr^2} \frac{dr}{dq} + q \frac{d \left[\frac{d^2V}{dr^2} \frac{dr}{dq} \right]}{dq} = 0, \\ \text{etc.} \end{array} \right.$$

Pour $q = 0$,

$$\rho = r - r_0 = 0 \text{ ou } r = r_0.$$

On aura alors, en se reportant à (11), les relations

$$\left\{ \begin{array}{l} \varphi'(r_0) a + \left(\frac{dV}{dr} \right)_0 = 0 \\ \varphi''(r_0) a^2 + 2 b \varphi'(r_0) + 2 a \left(\frac{d^2V}{dr^2} \right)_0 = 0, \\ \text{etc.,} \end{array} \right.$$

qui donnent

$$\left\{ \begin{array}{l} a = - \frac{1}{\varphi'(r_0)} \left(\frac{dV}{dr} \right)_0, \\ b = - \frac{\varphi''(r_0)}{2 \varphi'(r_0)^2} \left(\frac{dV}{dr} \right)_0^2 + \frac{1}{\varphi'(r_0)^2} \left(\frac{dV}{dr} \right)_0 \left(\frac{d^2V}{dr^2} \right)_0, \\ \text{etc ;} \end{array} \right.$$

et par conséquent, dans (15),

$$\begin{aligned}
 (14) \quad & \left. \begin{aligned}
 Aa &= -\frac{1}{\varphi'(r_0)} \left(\frac{dV}{dr} \right)_0 \left(\frac{d \frac{dV}{dr}}{d\psi} \right)_0 = -\frac{1}{2} \frac{1}{\varphi'(r_0)} \frac{d \left(\frac{dV}{dr} \right)_0^2}{d\psi}, \\
 Ab + Ba^2 &= -\frac{\varphi''(r_0)}{2 \varphi'(r_0)^3} \left(\frac{dV}{dr} \right)_0^2 \left(\frac{d \frac{dV}{dr}}{d\psi} \right)_0 \\
 &\quad + \frac{1}{\varphi'(r_0)^3} \left(\frac{dV}{dr} \right)_0 \left(\frac{d^2 V}{dr^2} \right)_0 \left(\frac{d \frac{dV}{dr}}{d\psi} \right)_0 \\
 &\quad + \frac{1}{2 \varphi'(r_0)^2} \left(\frac{dV}{dr} \right)_0^2 \left(\frac{d \frac{d^2 V}{dr^2}}{d\psi} \right)_0 \\
 &= -\frac{\varphi''(r_0)}{6 \varphi'(r_0)^3} \frac{d \left(\frac{dV}{dr} \right)_0^3}{d\psi} \\
 &\quad + \frac{1}{2 \varphi'(r_0)^2} \frac{d \left[\left(\frac{dV}{dr} \right)_0^2 \left(\frac{d^2 V}{dr^2} \right)_0 \right]}{d\psi}, \\
 &\text{etc.}
 \end{aligned} \right\}
 \end{aligned}$$

En transportant ces expressions dans (15), et intégrant ensuite pour avoir l'expression du moment M (9), on aura donc

$$(15) \quad M = -\frac{m'q}{2 \varphi'(r_0)} \int_{\psi'}^{\psi''} \frac{d \left(\frac{dV}{dr} \right)_0}{d\psi} d\psi$$

$$\begin{aligned}
& - \frac{m' q^2 \varphi''(r_0)}{6 \varphi'(r_0)^3} \int_{\psi'}^{\psi''} \frac{d \left(\frac{dV}{dr} \right)_0^3}{d\psi} d\psi \\
& + \frac{m' q^2}{2 \varphi'(r_0)^2} \int_{\psi'}^{\psi''} \frac{d \left[\left(\frac{dV}{dr} \right)^2 \left(\frac{d^2 V}{dr^2} \right) \right]_0}{d\psi} d\psi \\
& + (\text{termes en } q^3, q^4, \text{ etc.}) \\
& = - \frac{m' q}{2 \varphi'(r_0)} \left[\left(\frac{dV}{dr} \right)_0^2 \right]_{\psi'}^{\psi''} - \frac{m' q^2 \varphi''(r_0)}{6 \varphi'(r_0)^3} \left[\left(\frac{dV}{dr} \right)_0^3 \right]_{\psi'}^{\psi''} \\
& + \frac{m' q^2}{2 \varphi'(r_0)^2} \left[\left(\frac{dV}{dr} \right)_0^2 \left(\frac{d^2 V}{dr^2} \right)_0 \right]_{\psi'}^{\psi''} + \text{etc.}
\end{aligned}$$

En intégrant entre les limites ψ' , ψ'' données par l'équation (7) et remarquant que, pour ces limites, $\left(\frac{dV}{dr} \right)_0$ a la même valeur, on voit donc que l'intégrale qui multiplie la première puissance de q est égale à zéro et qu'il en est de même pour la première intégrale en q^2 ; mais qu'il subsiste des termes dépendant des puissances supérieures q^2 , q^3 de ce paramètre.

Le terme principal de M est de l'ordre q^2 . En se bornant à ce terme, on aura donc pour expression du moment de la rotation indéfectible, pour un potentiel quelconque V et sans qu'il soit besoin d'aucune intégration particulière,

$$(16) \quad M = \frac{m' q^2}{2 [\varphi'(r_0)]^2} \left[\left(\frac{dV}{dr} \right)_0^2 \frac{d^2 V}{dr^2} \right]_{\psi'}^{\psi''};$$

ou encore, puisque, en vertu de (7),

$$q^2 \left(\frac{dV}{dr_0} \right)^2 = [\varphi(r_0)]^2,$$

$$(17) \quad M = \frac{m' (\varphi r_0)^2}{2 (\varphi' r_0)^2} \left\{ \left(\frac{d^2 V}{dr_0^2} \right)_{\psi''} - \left(\frac{d^2 V}{dr_0^2} \right)_{\psi'} \right\}.$$

ψ'' , ψ' sont des racines de l'équation (7).

6. Soit, par exemple (*), V un potentiel newtonien; μ un des points matériels extérieurs auxquels est dû ce potentiel; δ sa distance à O ; Δ sa distance à un des points m ; α l'angle $\mu O x$. Le potentiel de μ est

$$u = \frac{\mu}{\Delta},$$

où

$$\Delta = [r^2 + \delta^2 - 2r\delta \cos(\psi - \alpha)]^{\frac{1}{2}}.$$

(*) On peut continuer le calcul pour un potentiel V quelconque, par le développement en série autour du point de naissance du ménisque de déformation sur le cercle r_0 . Ce point est défini par la condition

$$\left(\frac{dV}{dr} \right)_0 = \max.$$

ou

$$\frac{d \left(\frac{dV}{dr} \right)_0}{d\psi} = 0$$

$$\left[\text{qui donne aussi } \frac{d \left(\frac{dV}{dr} \right)_0}{dr} = 0 \right].$$

μ étant extérieur au système des m , on peut développer u suivant les puissances croissantes de r , et l'on a, $P_1 P_2 P_3 \dots$ désignant les fonctions de Laplace,

$$u = \frac{\mu}{\delta} + \frac{\mu P_1 r}{\delta^2} + \frac{\mu P_2 r^2}{\delta^3} + \dots + \frac{\mu P_i r^i}{\delta^{i+1}} + \dots,$$

où

$$P_1 = \cos(\psi - \alpha),$$

$$P_2 = \frac{3 \cos^2(\psi - \alpha) - 1}{2},$$

$$P_3 = \frac{5 \cos^3(\psi - \alpha) - 3 \cos(\psi - \alpha)}{2},$$

etc.

On a donc

$$\frac{du}{dr} = \frac{\mu P_1}{\delta^2} + \frac{2 \mu P_2 r}{\delta^3} + \dots + \frac{i \mu P_i r^{i-1}}{\delta^{i+1}} + \dots$$

$$\frac{d^2 u}{dr^2} = \frac{2 \mu P_2}{\delta^3} + \dots + \frac{i(i-1) \mu P_i r^{i-2}}{\delta^{i+1}} + \dots$$

etc.

Pour le système de deux points extérieurs μ, μ' , définis par les coordonnées $\delta\alpha, \delta'\alpha'$, on aura

$$V = u + u',$$

$$\frac{d^2 V}{dr^2} = 2 \left(\frac{\mu}{\delta^3} P_2 + \frac{\mu'}{\delta'^3} P_2' \right)$$

$$+ 3 \cdot 2 r \left(\frac{\mu}{\delta^4} P_3 + \frac{\mu'}{\delta'^4} P_3' \right)$$

+ ...

Le terme du premier ordre de cette expression est le terme en $\frac{\mu}{\delta^3}$, $\frac{\mu'}{\delta'^3}$. En remplaçant P_2 , P'_2 par leurs valeurs, il viendra

$$\begin{aligned} \frac{d^2V}{dr_0^2} = & \frac{1}{2} \left[\frac{\mu}{\delta^3} + \frac{\mu'}{\delta'^3} \right] + \frac{3}{2} \left[\frac{\mu}{\delta^3} \cos 2(\psi - \alpha) + \frac{\mu'}{\delta'^3} \cos 2(\psi - \alpha') \right] \\ & + 6 r_0 \left(\frac{\mu}{\delta^4} P_3 + \frac{\mu'}{\delta'^4} P'_3 \right) + \dots, \end{aligned}$$

et, par conséquent,

$$\begin{aligned} (18) \quad \left[\frac{d^2V}{dr_0^2} \right]_{\psi'}^{\psi''} = & \frac{3}{2} \left[\frac{\mu}{\delta^3} \cos 2(\psi - \alpha) + \frac{\mu'}{\delta'^3} \cos 2(\psi - \alpha') \right]_{\psi'}^{\psi''} \\ & + 6 r_0 \left[\frac{\mu}{\delta^4} P_3 + \frac{\mu'}{\delta'^4} P'_3 \right]_{\psi'}^{\psi''} + \dots \end{aligned}$$

7. Les limites ψ' , ψ'' sont données par l'équation (7), qui s'écrira

$$\begin{aligned} (19) \quad \varphi(r_0) + q \left\{ \frac{\mu}{\delta^2} \cos(\psi - \alpha) + \frac{\mu'}{\delta'^2} \cos(\psi - \alpha') \right\} \\ + 2 q \beta r_0 \left(\frac{\mu}{\delta^3} P_2 + \frac{\mu'}{\delta'^3} P'_2 \right) + \dots = 0, \end{aligned}$$

β désignant un paramètre que l'on fera égal à $\beta = 1$ et par rapport aux puissances duquel on peut développer les valeurs correspondantes ψ'_0 et ψ''_0 .

Pour $\beta = 0$, les valeurs correspondantes ψ'_0 et ψ''_0 sont données par l'équation

$$(20) \quad \varphi(r_0) + q(S_1 \cos \psi + S_2 \sin \psi) = 0,$$

en posant

$$\left\{ \begin{array}{l} S_1 = \frac{\mu}{\delta^2} \cos \alpha + \frac{\mu'}{\delta'^2} \cos \alpha' \\ S_2 = \frac{\mu}{\delta^2} \sin \alpha + \frac{\mu'}{\delta'^2} \sin \alpha'. \end{array} \right.$$

En dérivant (19) par rapport à β , on trouvera $\left(\frac{d\psi'}{d\beta}\right)_0$, $\left(\frac{d\psi''}{d\beta}\right)_0$, qui sont de l'ordre $\frac{r_0}{\delta}$, $\frac{r_0}{\delta'}$, et ensuite

$$\left\{ \begin{array}{l} \psi' = \psi'_0 + \left(\frac{d\psi'}{d\beta}\right)_0 \beta + \dots \\ \psi'' = \psi''_0 + \left(\frac{d\psi''}{d\beta}\right)_0 \beta + \dots \end{array} \right\} (\beta = 1).$$

En introduisant ces valeurs dans (18), les termes dépendant des dérivées $\left(\frac{d\psi'}{d\beta}\right)_0$, $\left(\frac{d\psi''}{d\beta}\right)_0$ seront au moins de l'ordre $\frac{\mu}{\delta^3} \frac{r_0}{\delta}$, $\frac{\mu'}{\delta'^3} \frac{r_0}{\delta'}$. On obtiendra donc le terme principal de l'expression (18) en remplaçant dans le terme en $\frac{\mu}{\delta^3}$, $\frac{\mu'}{\delta'^3}$, ψ' et ψ'' par les valeurs ψ'_0 , ψ''_0 données par l'équation (20).

En posant

$$\begin{aligned} \psi'_0 &= \psi_0 - \xi \\ \psi''_0 &= \psi_0 + \xi, \end{aligned}$$

introduisant successivement ces valeurs dans (20) et résolvant les deux équations ainsi obtenues par rapport à ψ_0 et ξ , on trouve

$$\operatorname{tg} \psi_0 = \frac{S_2}{S_1}, \quad \cos \psi_0 = \frac{S_1}{\sqrt{S_1^2 + S_2^2}}, \quad \sin \psi_0 = \frac{S_2}{\sqrt{S_1^2 + S_2^2}},$$

et

$$\cos \xi = - \frac{\varphi(r_0)}{q \sqrt{S_1^2 + S_2^2}}.$$

On a ensuite, dans (18),

$$\begin{aligned} & \cos 2(\psi_0'' - \alpha) - \cos 2(\psi_0' - \alpha) \\ &= 2 \sin 2\xi (\cos 2\psi_0 \sin 2\alpha - \sin 2\psi_0 \cos 2\alpha') \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \cos 2(\psi_0'' - \alpha') - \cos 2(\psi_0' - \alpha') \\ &= 2 \sin 2\xi (\cos 2\psi_0 \sin 2\alpha' - \sin 2\psi_0 \cos 2\alpha), \end{aligned}$$

et, par conséquent,

$$\begin{aligned} & \left[\frac{\mu}{\delta^3} \cos 2(\psi - \alpha) + \frac{\mu'}{\delta'^3} \cos 2(\psi - \alpha') \right]_{\psi'}^{\psi''} = \\ &= 2 \sin 2\xi \cos 2\psi_0 \left(\frac{\mu}{\delta^3} \sin 2\alpha + \frac{\mu'}{\delta'^3} \sin 2\alpha' \right) \\ &- 2 \sin 2\xi \sin 2\psi_0 \left(\frac{\mu}{\delta^3} \cos 2\alpha + \frac{\mu'}{\delta'^3} \cos 2\alpha' \right) \\ &= 2 \sin 2\xi \left\{ S_2' \frac{S_1^2 - S_2^2}{S_1^2 + S_2^2} - S_1' \frac{2S_1 S_2}{S_1^2 + S_2^2} \right\}, \end{aligned}$$

en posant

$$\begin{cases} \frac{\mu}{\delta^3} \cos 2\alpha + \frac{\mu'}{\delta'^3} \cos 2\alpha' = S_1' \\ \frac{\mu}{\delta^3} \sin 2\alpha + \frac{\mu'}{\delta'^3} \sin 2\alpha' = S_2'; \end{cases}$$

et l'on aura finalement pour expression du moment de rotation (17),

$$(21) \quad M = \frac{3}{2} \frac{m' (\varphi' r_0)^2}{(\varphi' r_0)^2} \frac{(S_1^2 - S_2^2) S'_2 - 2S_1 S_2 S'_1}{S_1^2 + S_2^2} \sin 2\xi.$$

8. On vérifie facilement que, comme cela doit être par une raison de symétrie, $M = 0$ dans les cas suivants :

$$1^\circ \quad \mu = \mu', \delta = \delta';$$

$$2^\circ \quad \alpha = \alpha' \text{ ou } \alpha = \alpha' + \pi.$$

Dans ces différents cas, en effet, on a, au moyen des valeurs de S_1, S_2, S'_1, S'_2 ,

$$(S_1^2 - S_2^2) S'_2 - 2S_1 S_2 S'_1 = 0.$$

Le cas où l'un des deux points, soit μ , est à l'infini, réalise pratiquement celui des actions parallèles de la pesanteur, le potentiel de μ se réduisant au terme en P_1 . En prenant alors l'axe Ox suivant le nadir, on aura $\alpha = 0$, et, posant $\frac{\mu}{\delta^2} = g$,

$$\left\{ \begin{array}{l} S_1 = g + \frac{\mu'}{\delta'^2} \cos \alpha' \\ S_2 = \frac{\mu'}{\delta'^2} \sin \alpha', \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} S'_1 = \frac{\mu'}{\delta'^3} \cos 2\alpha' \\ S'_2 = \frac{\mu'}{\delta'^3} \sin 2\alpha'. \end{array} \right.$$

On a alors

$$S_1^2 + S_2^2 = g^2 + 2g \left(\frac{\mu'}{\delta'^2} \right) \cos \alpha' + \left(\frac{\mu'}{\delta'^2} \right)^2$$

$$(S_1^2 - S_2^2) S'_2 - 2S_1 S_2 S'_1 = g^2 \left(\frac{\mu'}{\delta'^3} \right) \sin 2\alpha' + 2g \left(\frac{\mu'}{\delta'^2} \right) \left(\frac{\mu'}{\delta'^3} \right) \sin \alpha'$$

$$\operatorname{tg} \psi_0 = \frac{\left(\frac{\mu'}{\delta'^2} \right) \sin \alpha'}{g + \left(\frac{\mu'}{\delta'^2} \right) \cos \alpha'}$$

$$\cos \xi = - \frac{\varphi(r_0)}{g \sqrt{g^2 + 2g \left(\frac{\mu'}{\delta'^2} \right) \cos \alpha' + \left(\frac{\mu'}{\delta'^2} \right)^2}}$$

($\varphi(r_0)$ étant négatif, $\cos \xi$ est positif).

En supposant $\left(\frac{\mu'}{\delta'^2} \right)$ petit par rapport à g , on pourra donc écrire

$$(22) \quad M = \frac{3}{2} \frac{m' (\varphi r_0)^2}{(\varphi' r_0)^2} \left(\frac{\mu'}{\delta'^3} \right) \sin 2\xi \cdot \sin 2\alpha',$$

expression où $\sin 2\xi$ est positif.

La formule

$$\operatorname{tg} \psi_0 = \frac{\left(\frac{\mu'}{\delta'^2} \right) \sin \alpha'}{g}$$

montre que l'axe du ménisque de déformation de la roue

qui constitue le système se forme dans le quadrant compris entre le nadir et l'horizon, de $\psi = 0$ à $\psi = \frac{\pi}{2}$, dans le demi-plan vertical où se trouve la masse perturbatrice μ' .

La formule (22) fait voir que lorsque μ' est dans ce premier quadrant ($\alpha' < \frac{\pi}{2}$), M est positif, c'est-à-dire que tout se passe comme si μ' faisait tourner constamment le système en attirant à elle le ménisque. Quand, au contraire, μ' est dans le second quadrant ($\frac{\pi}{2} < \alpha' < \pi$), M est négatif, la rotation indéfectible s'effectue en sens inverse, comme si la pesanteur faisait constamment tomber le ménisque de déformation.

Une semblable roue qui fournit, sans aucune restitution, une quantité indéfinie de travail disponible, constitue une véritable machine à mouvement perpétuel. L'idée d'une telle machine n'est donc nullement une hérésie mécanique, puisque, théoriquement, sous la seule attraction du sphéroïde terrestre, un système déformable tel que nous venons de le concevoir, placé à une latitude et dans un azimut convenables, tournerait sur lui-même indéfiniment, dans un sens déterminé, et malgré le frottement.

9. Cette analyse peut être étendue au cas des rotations indéfectibles de plusieurs systèmes déformables soumis à leurs attractions réciproques, et doit comprendre l'étude des variations de l'état dynamique en fonction du temps, défini par les équations générales du § 2 (*). De même, il

(*) Le système se déforme et tend vers une vitesse de rotation limite Ω pour laquelle $M=0$. Toute cause (travail, résistance, etc.) qui diminue Ω , restitue M .

conviendra d'examiner le cas d'un système soumis à un potentiel extérieur, et déformé en outre par des réactions extérieures fixes (l'interposition de lignes ou surfaces rigides fixes), et tout particulièrement (dans l'éventualité d'une application utile) celui d'un potentiel à surfaces de niveau planes (ne dépendant que de la fonction P_1 du développement de V) comme, pratiquement, celui de la pesanteur en un lieu. C'est ce que j'étudierai dans une autre communication (*). Pour le moment, il nous suffit d'avoir dans cette note signalé, par un exemple, ce fait capital pour la mécanique, la physique et, peut-être, la mécanique appliquée, que *par les forces naturelles connues il peut exister une machine entretenant indéfiniment par elle-même son propre mouvement, et constituant une source d'énergie utilisable indéfinie*. Ce résultat n'est nullement en opposition avec la notion de la conservation de l'énergie; il est au contraire pleinement d'accord avec elle, car tout se passe comme si, par la déformation constante du système, était créée une chute, si l'on veut un *courant*, de potentiel, toujours existante et produisant par conséquent toujours son effet. Cela n'est pas plus extraordinaire que le fait admis de la chute de potentiel $\frac{dV}{dr} = -\frac{m}{r^2}$ produite à distance r par un point isolé m , chute indéfectible et constante quel que soit le travail qu'elle vient d'effectuer et qu'elle est toujours prête à renouveler. Analytiquement, on voit que le point délicat qui explique la possibilité du

(*) On aura ici à considérer, suivant chaque rayon, un système articulé dont le centre de gravité se déplace sur le rayon suivant une certaine loi.

fait, en apparente opposition avec la notion que la variation totale

$$\int \frac{dV}{ds} ds$$

du potentiel V le long d'un contour fermé s est égale à zéro, consiste en ce que le moment de rotation est exprimé ici pour ce contour par

$$\int \frac{dV}{d\psi} d\psi,$$

où $\frac{dV}{d\psi}$ n'est que la dérivée partielle de V par rapport à ψ .

10. Ce résultat est vraisemblablement de nature à modifier profondément les conceptions sur la constitution des corps; car il prouve que les éléments de ceux-ci peuvent, si l'on permet cette expression dans une étude de mécanique rationnelle, posséder une vie propre, c'est-à-dire un état dynamique indéfectible, qui est en même temps un foyer inextinguible d'énergie.

Déjà dans un travail sur les mouvements continus de circulation d'un fluide sous l'action de centres fixes (*), j'avais fait voir qu'un semblable mouvement indéfectible peut être produit par la combinaison d'un potentiel de masse et d'un potentiel de surface, de manière à constituer une véritable cellule dynamique, à mouvement perpétuel; mais ici une conséquence de mécanique rationnelle, fondée sur la seule considération d'un poten-

(*) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), n° 4, avril 1899.

tiel tel que le potentiel newtonien est d'un ordre, je pense, à provoquer plus généralement l'intérêt (*).

11. Une première application de cette conséquence se présenterait dans l'explication du magnétisme. Déjà dans mon *Étude du système des forces physiques* (**) (§§ 125-133), j'avais trouvé la raison d'être d'une rotation indéfectible, origine des courants moléculaires d'Ampère (par l'intermédiaire des ions), dans l'existence de la force universelle de répulsion, en raison inverse du cube des distances, agissant sur les surfaces des éléments, force dont l'intensité n'est autre chose que la température absolue et qui paraît aussi évidente par la loi de Mariotte, en raison inverse du volume, que l'attraction en raison inverse du carré de la distance l'est par les phénomènes de la gravitation. Ici, sans introduire cette action directe de la force de répulsion, on arriverait, on vient de le voir, à la même conception, par la seule considération d'une force attractive émanant des masses.

Mais, indépendamment de ce rappel, c'est la découverte récente du radium et de ses propriétés énergétiques (***), qui, offrant l'exemple apparent immédiat d'une source d'énergie potentielle sans limite, commande plus

(*) On remarquera que la combinaison de force proportionnelle aux masses et de force de surface se retrouve ici dans celle du potentiel newtonien et des réactions de surface exercées suivant les rayons par les points d'arrêt qui limitent la course des masses, et qu'ainsi il y a point de rapprochement évident, dans le principe, entre les deux genres d'effets.

(**) *Mém. de l'Acad. roy. de Belgique*, t. XLVIII.

(***) Qu'on aurait pu d'ailleurs déjà imputer à la force répulsive de surface [comme je l'ai signalé dans *Nature* (revue anglaise), 1903].

que tous autres faits, l'attention sur ce point capital de mécanique; à elle seule, elle explique et justifierait donc l'intérêt qu'il y a à le signaler.

Notre objet, dans cette note, ne doit pas être d'ailleurs de rappeler par leur détail des faits déjà connus des physiciens; il se borne à remarquer que l'hypothèse, qui, en somme, expliquerait le plus simplement le caractère persistant de cette source d'énergie, n'a pu échapper jusqu'ici, que son idée seule n'a été rejetée peut-être comme illusoire et condamnée par la notion de la conservation de l'énergie, que bien à tort, et qu'à raison d'un examen mécanique insuffisant.

On a proposé, pour expliquer l'origine de cette singulière persistance de l'énergie :

1° L'énergie des éléments du milieu ambiant (air) absorbée par les éléments du radium ;

2° La friction entre ces éléments et ceux du milieu ;

3° Un état d'équilibre instable accompagné de destruction progressive des éléments du corps.

Or, en vertu des propriétés mécaniques qui font l'objet de cette note, toutes ces suppositions, assurément peu satisfaisantes, pourraient être remplacées par la seule notion mécanique très nette d'une énergie indéfectible et sans limite, propre à la constitution de chaque élément indestructible.

Cette conséquence est importante d'ailleurs, non pas seulement pour la question du radium, quelque qualifiée que soit celle-ci pour attirer particulièrement là dessus aujourd'hui l'attention; elle l'est au point de vue le plus général de notre conception d'ensemble du monde physique. Sans aborder la question de l'avenir que la possibilité de l'existence de systèmes moteurs à mouvement

perpétuel peut réserver à la mécanique appliquée, il est évident, par exemple, que la notion d'éléments à énergie dynamique propre étend singulièrement le champ des hypothèses positives en astronomie pour la question de la constitution des astres (*), de leur destruction et de leur régénération; et elle touche à un ordre encore plus élevé peut-être par le lien qu'elle permet de concevoir, au point de vue mécanique, entre l'activité de la matière inorganique et les phénomènes de la vie dans le monde organisé.

NOTE.

Déjà, on le sait, la puissante énergie calorifique du radium, d'ailleurs sans perte apparente de substance, a fait supposer que l'énergie calorifique du soleil pourrait être due à la présence dans cet astre d'une quantité relativement très minime de ce métal. Or la même idée pourrait être étendue et s'appliquer à la question de l'origine de la source de chaleur interne des globes. Elle attire à cet égard particulièrement l'attention sur une observation formulée par M. le colonel du génie A.-T. Frazer (*Royal Engineers*) à la suite d'une conférence sur le radium donnée cette année par M. Curie à la *Royal Institution*, et qu'il me communiquait dans une lettre du 20 juin 1905. Dans un travail assez récent (**), j'ai passé en revue les différentes hypothèses sur la constitution

(*) Voir la Note.

(**) *Sur le problème actuel de la physique du globe et les lois de Brück*, discours prononcé dans la séance publique de la Classe des sciences de l'Académie royale de Belgique le 18 décembre 1900 [BULL. (Classe des sciences), n° 12, 1900].

interne du Globe, et cette vue nouvelle me paraît très digne d'être à son tour mentionnée. Elle se rattache à vrai dire à des spéculations de Halley sur le magnétisme terrestre, rééditées depuis par Raulin et Quetelet; mais en outre de ce qu'elle se présente sous une forme beaucoup plus nette, elle fait intervenir comme élément la source d'énergie calorifique dont nous venons de nous occuper.

Elle consiste à remarquer que rien n'oblige, ni théoriquement ni même d'après les faits géologiques immédiats, à supposer, comme on le fait généralement sans autre examen, que le globe soit *plein*; en fait, on pourrait tout aussi bien admettre une terre *vide*, c'est-à-dire constituée par une couche sphérique, qui, sous une épaisseur fraction très réduite du rayon, satisferait aisément aux conditions de masse et de densité du globe entier, en supposant à sa base les corps les plus denses, les métaux. J'ajouterai, d'après une première analyse, qu'on n'aperçoit, en effet, ici pas de difficulté dans les phénomènes de précession et de nutation, ni dans le théorème de Clairault sur l'aplatissement, dont le calcul pourrait s'appliquer aussi bien à une couche sphéroïdale qu'à un sphéroïde plein. On pourrait dire aussi, en entrant dans les vues de Halley, Raulin, Quetelet, qu'aborde d'ailleurs M. Fraser, que rien n'empêche non plus, au lieu d'un vide unique, d'envisager plusieurs couches indépendantes dont les mouvements de rotation, peu différents, pourraient rendre compte de périodes physiques propres à l'organisme du globe (*). (Cette supposition d'une série

(*) Voy. les périodes propres au globe mises en évidence dans la *Mathématique de l'histoire*. Bruxelles, 1900. On peut remarquer que la *Bible*, en plusieurs passages (par exemple Philipp. II, 10), assigne trois lieux aux créatures : les Cieux, la Terre, le *dessous* de la Terre.

de couches concentriques pourrait même être considérée, à certains égards, comme une extension de l'hypothèse de Kant et Laplace sur la formation des planètes) (*).

L'hypothèse du colonel Fraser se rattache à la question du radium en ce que, dans cette hypothèse d'une couche solide, sans fusion interne, le radium, métal dense à la base de la couche, y constituerait une source incessante de chaleur interne (**). Cette question de la chaleur interne du globe est trop incontestablement une de celles qui ont le plus partagé, qui divisent encore l'opinion des astronomes et des géologues, pour qu'il n'y ait donc pas

(*) La conception d'un globe vide conduirait par analogie à celle des atomes creux, c'est-à-dire réduits eux-mêmes à des couches sphériques, ou même à des surfaces infiniment minces. Il y a dans ce point de vue de nouvelles conséquences à tirer de l'existence de la force répulsive de surface (voy. *Étude des forces*, § 148 et suiv.), les éléments se réduisant à des surfaces et la résistance due à l'inertie de la matière, même pour un espace plein, devenant insensible ou même infiniment petite.

(**) Il y a lieu sans doute de rapprocher de cette supposition les résultats des expériences récentes de MM. Elster et Geitel sur la radio-activité du sol et de l'air souterrain (*Phys. Zeitschr.*, IV, n° 49, 1903), comme aussi l'idée fondamentale du système de Brück, celle de la circulation d'un *éther électrisé* (ions), exposée il y a plus de dix ans dans mon *Étude des forces*, et enfin mes expériences sur les mouvements des aiguilles à différents degrés de magnétisme, expériences au terme *systématique* desquelles je renvoyais la critique dans mon *Discours* de 1900, et auxquelles, suivant un procédé connu, on n'a essayé de répondre jusqu'ici qu'en passant sous silence ce terme *systématique*, qui est toute la question, et en isolant de propos délibéré des effets accidentels empruntés, sans qu'on le dise, à mes propres expériences, et déjà soigneusement signalés par moi-même dans mon mémoire, *La déclinaison d'une boussole est-elle indépendante de son moment magnétique?* (MÉM. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, t. LIII.)

intérêt légitime à signaler ce nouveau point de vue, et à provoquer l'étude des nombreuses questions de physique et de mécanique céleste qui s'y rattachent.

On pourrait l'envisager à ce dernier et seul égard, abstraction faite de l'existence du radium. Mais par ce dernier point, il prend place, à la suite des idées d'Ampère (chaleur interne due à des courants), parmi les hypothèses propres à faire disparaître les nombreuses difficultés mécaniques et physiques (marées, magnétisme, etc.) que présente la supposition, encore généralement admise, de la fusion interne totale.

Une roche feldspathique à Coô (Stavelot); par G. Dewalque, membre de l'Académie.

Au mois d'avril dernier, un de mes anciens élèves, M. J. Massange, industriel à Stavelot, me signala la découverte d'une roche qu'il était tenté de considérer comme diabase, et il m'en envoya de gros échantillons. L'administration communale avait fait prolonger vers le sud un chemin qui part de Grand-Coô (voy. la planchette de La Gleize), se dirige vers l'ouest, puis vers le sud-ouest pour aboutir à l'Amblève; c'est à l'origine de ce prolongement que la roche fut trouvée, un peu plus au nord que le point où, sur la rive gauche, un chemin venant de Brume et descendant en lacet la côte du Bois-de-l'Épine, arrive à l'Amblève, où il y a un gué.

Cette masse est verticale et a une épaisseur d'un peu plus de 5 mètres; elle paraît régulièrement intercalée dans les roches reviniennes, qui sont, au sud, des phyllades noirs, assez visibles sur 8 mètres de long, puis passant à des quartzophyllades feuilletés, pailletés,

dont la direction est d'environ 80°. Au nord, ce sont plutôt des quartzophyllades et des quartzites feuilletés, généralement gris verdâtre, mal exposés, méritant un examen plus détaillé (1). Les premiers, sur 10 à 12 centimètres d'épaisseur, présentent de petites cavités tapissées d'un enduit noir-brun.

Au dire des ouvriers, la roche était divisée en blocs par des fissures, que M. Massange considéra comme fissures de retrait.

Au premier aspect, la couleur verte de cette roche fait penser à une diabase, mais, en l'examinant attentivement à la loupe, on n'aperçoit pas d'élément noir verdâtre et l'on en vient à se demander si l'on n'a pas affaire à un quartzite devillien.

Nous avons trouvé la densité de cette roche égale à 2.72, ce qui ne nous dit rien sur cette question. Nous en avons alors dosé la silice, et nous en avons trouvé 64.80 %, avec 21.20 % d'oxyde de fer et d'alumine et 5.8 de chaux; nous n'avons pas cherché à doser les alcalis. C'est donc bien une roche feldspathique.

C'était à l'analyse microscopique à éclairer la question. Nous avons envoyé des spécimens à notre savant et habile collègue, M. G. Cesàro; mais, dès le mois de mai, il nous écrivait qu'il n'avait reconnu ni amphibole ni pyroxène et que l'examen de cette roche présentait des difficultés inattendues, à cause desquelles il se voyait obligé de faire préparer des plaques minces à l'étranger.

(1) Depuis que ceci est écrit, j'ai eu l'occasion de voir une série d'échantillons recueillis par M. L. Crespin, élève-ingénieur, à Stavelot. Je considère tout comme revinien. (Liège, 28 octobre 1903.)

Ces plaques ne lui sont parvenues qu'à la fin du mois dernier. Notre intention était d'attendre la fin de son étude, pour présenter en commun un travail complet; mais les circonstances nous obligent à prendre date.

Liège, 9 octobre 1903.

COMITÉ SECRET.

La Classe se constitue en comité secret pour s'occuper des candidatures nouvelles pour les places vacantes. La liste est définitivement adoptée.

OUVRAGES PRÉSENTÉS.

Beaujean. Une page de l'histoire de la fortification : le lieutenant général Brialmont (25 mai 1821-20 juillet 1903). Louvain, 1903; extr. in-8° (40 p.).

Dollo (Louis). Eochelone Brabantica. Tortue marine nouvelle du Bruxellien (Éocène moyen) de la Belgique, et l'évolution des Chéloniens marins, 1903; extr. in-8° (62 p.).

Lecoïnte (G.). Vers le pôle Sud, impressions éprouvées à bord de la « Belgica ». Louvain, 1903; in-8° (288 p.).

Guarini (Émile). La télégraphie sans fil, l'œuvre de Marconi, traduit du « Scientific American » de New-York. Bruxelles, 1903; in-8°.

Haeckel (Ernest). Kunstformen der Natur, 9. Lieferung, 1903; in-4°.

HAMBOURG. *Naturwissenschaftlicher Verein*. Abhandlungen, XVIII. Band, 1903; in-4°.

ERLANGEN. *Physikalisch-medicinische Societät*. Sitzungsberichte, 1902.

DAVIS (*Gualterio-G.*). *Clima de la República Argentina ... hasta el año 1900*. Buenos-Ayres, 1902; in-4° (vi-152 p., cartes).

WASHINGTON. *U. S. National Museum*. Proceedings, volume XXV, 1903.

— *Surgeon-general's Office*. Index-catalogue, second series, volume VIII, 1903; in-4°.

ROSS (*Frank-Elmore*). On differential equations belonging to a ternary linearoid group. San-Francisco, 1901; in-4° (27 p.).

FRANCE.

ALBERT I^{er} de Monaco (*S. A. M^{gr} le prince*). Résultats scientifiques accomplis sur son yacht, fascicules 23 et 24. Paris, 1903; in-4°.

COMBES (*Charles*). Sur les tentatives de reproduction du diamant. Paris, 1903; extr. in-8° (8 p.).

GRANDE-BRETAGNE ET COLONIES.

WIGGLESWORTH (*Grace*). The cotyledons of *Ginkgo biloba* and *Cycas revoluta*. Manchester, 1903; in-8° (3 p.).

LONDRES. *British Museum*. Catalogue of the books, manuscripts, maps and drawings in the British Museum (natural history), vol. I, A-D. 1903; in-4°.

— Catalogue of the collection of birds' eggs, volumes I-III (*Eugene Oates*). 1901-1903; in-8°.

British Museum. A hand-list of the genera and species of birds (nomenclator avium tum fossilium tum viventium), volume IV, 1903. (Bowdler Sharpe.)

--A monograph of the Culicidae or Mosquitoes, volume III. (Ferd. Theobald.) 1903; in-8°.

— A monograph of the Tsetse-flies (genus *Glossina*, Westwood); by Ernest Edward Austen, with a chapter on Mouth-parts; by H.-J. Hansen. 1903; in-8°.

GLASGOW. *Royal philosophical Society.* Proceedings, volume XXXIV, 1903.

Borredon (Giuseppe). La luna è la calamita del mondo. Naples, 1903; in-8° (12 p.).

Fritsche (H.). Atlas des Erdmagnetismus für die Epochen 1600, 1700, 1780, 1842 und 1913. Riga, 1903; in-4° (26 p. et 15 cartes).

Laouchewitch (I.). Solution mathématiquement exacte du problème historique de la division d'un angle pris à volonté en un nombre pris à volonté de parts égales. Pétropavlovsk, 1903; in-8° (6 p., fig.).

ACIREALE. *Accademia di scienze, lettere ed arti.* Atti e Rendiconti, vol. IX, 1903.

HARLEM. *Maatschappij der wetenschappen.* Verhandelingen, deel V, 3^{de} stuk, 1903. In-4°.

AMSTERDAM. *Eclipse Committee of the Royal Academy.* Report n° 1 (Nijland), 1903.

CHRISTIANIA. *Universitäts Observatorium.* Untersuchung über die Eigenbewegung von Sternen in der Zone 65°-70° nördlicher Declination (J. Fr. Schroeter). 1903; in-4°.

TRONDHJEM. *Videnskaber Selskab.* Skrifter, 1902.

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

BULLETIN

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1903. — N° 12.

CLASSE DES SCIENCES.

Séance du 5 décembre 1903.

M. P. MANSION, directeur, président de l'Académie.

M. le chevalier EDMOND MARCHAL, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. Léon Fredericq, *vice-directeur* ;
G. Dewalque, Éd. Van Beneden, C. Malaise, F. Folie,
Jos. De Tilly, Ch. Van Bambeke, Alfr. Gilkinet, G. Van
der Mensbrugge, W. Spring, M. Mourlon, P. De Heen,
C. Le Paige, Ch. Lagrange, J. Deruyts, J.-B. Masius,
J. Neuberg, A. Lancaster, L. Errera, J. Fraipont,
membres ; Arm. Jorissen, P. Francotte, P. Pelseneer et
Aug. Lameere, *correspondants*.

MM. Henry et Terby écrivent pour motiver leur absence.

Les félicitations de la Classe sont adressées par M. le Secrétaire perpétuel à MM. Van Beneden, Masius et Mansion, promus commandeurs, Le Paige et Neuberg, promus officiers, et Lameere, nommé chevalier de l'Ordre de Léopold. — Applaudissements après les remerciements adressés par M. Mansion, tant au nom de ses confrères précités qu'en son nom personnel.

CORRESPONDANCE.

La Société des mathématiciens tchèques annonce la mort de son secrétaire perpétuel, Édouard Weyr, décédé à Prague le 25 juillet dernier. — Les condoléances de la Classe seront adressées à cette institution, avec laquelle la Classe est en relation.

— M. Émile Laurent écrit de Léopoldville, le 20 octobre :

« Avant de quitter la Belgique, j'aurais voulu vous dire mes regrets de ne pouvoir assister aux séances de l'Académie pendant les derniers mois de cette année, que je passerai dans le Haut-Congo.

» Très occupé en août par mes derniers préparatifs de départ, je n'ai pas eu le plaisir de vous serrer la main.

» Nous partons demain pour le Haut-Kassaï, d'où nous reviendrons pour aller dans la direction de Stanleyville en visitant les affluents principaux du fleuve. Nous dispo-

sons d'un steamer très rapide et espérons recueillir de nombreux matériaux scientifiques. Nous en avons déjà une ample provision provenant du Bas-Congo.

» Veuillez, Monsieur le Secrétaire perpétuel, présenter mes compliments de nouvel an aux membres de l'Académie, et agréer, etc. »

— M. Ch. Lagrange demande le dépôt dans les archives d'un billet cacheté portant en suscription : *Ixelles, le 18 novembre 1905. Démonstration d'un principe géométrique.* — Accepté.

— Hommages d'ouvrages :

1° *Comparaisons entre les observations météorologiques faites simultanément aux Observatoires de Bruxelles (ancien) et d'Uccle (nouveau)*; par A. Lancaster, in-4°;

2° *Coup d'œil rétrospectif sur le procédé de la fabrication de la soude à l'ammoniaque.* Conférence faite le 5 juin 1905, à Berlin, au cinquième Congrès international de chimie appliquée, par Ernest Solvay. Premier numéro du sommaire de ce Congrès publié dans la *Revue générale de chimie pure et appliquée*, gr. in-8°;

3° a) *Étude géologique et archéologique des environs d'Ombret*; b) *Exploration scientifique dans les cavernes, etc., de la province de Liège*; par E. Doudou.

— Remerciements.

— Les travaux manuscrits suivants sont renvoyés à l'examen de commissaires :

1° *Sur la fonction gamma double*; par J. Beaupain. — Commissaires : MM. de la Vallée Poussin, Deruyts et Mansion;

2° *Application nouvelle des invariants intégraux*, n° 1 ;
par Théophile De Donder. — Commissaires : MM. de la
Vallée Poussin, Deruyts et Mansion.

JUGEMENT DU CONCOURS ANNUEL (1905).

Il est donné lecture :

1° Par MM. Folie, Le Paige et Lagrange de leurs rapports sur le mémoire en réponse à la question *Sur les déviations périodiques de la verticale dans l'hypothèse de la non-coïncidence des centres de gravité de l'écorce et du noyau terrestres* ;

2° Par MM. Van Beneden, Van Bambeke et Plateau, sur le mémoire en réponse à la question *Sur l'organisation et le développement d'un « Phoronis »*.

La Classe se prononcera sur les conclusions de ces rapports dans sa réunion du 15 décembre.

RAPPORTS.

Sur l'avis de M. Spring, le *Bulletin* renfermera une note de M. le Dr W. Oechsner de Coninck *Sur les sels d'or des bases pyridiques*.

Sur les faisceaux de surfaces du second ordre; par C. Servais, professeur à l'Université de Gand.

Rapport de M. Neuberg, premier commissaire.

« La question qui fait l'objet de ce mémoire est l'une des plus intéressantes de la géométrie moderne; elle prend surtout une grande ampleur quand on l'aborde par les méthodes synthétiques.

En géométrie analytique, un faisceau ponctuel de quadriques est défini par une équation symbolique de la forme $a_x^2 + \lambda b_x^2 = 0$, où λ est un paramètre variable; on dit que toutes ces surfaces passent par une même courbe du quatrième ordre, réelle ou imaginaire, simple ou composée. La discussion des différents cas possibles est fort écourtée.

Dans la première leçon du tome III de son admirable *Geometrie der Lage*, Reye étudie d'abord le complexe quadratique des droites qui joignent deux points homologues de deux espaces projectifs (E_1) , (E_2) (ou sont les intersections de deux plans homologues) et en particulier le complexe tétraédral; il considère ensuite le *faisceau ponctuel* ou le *faisceau tangentiel* d'espaces (E_1) , (E_2) , (E_3) , ... qui, combinés deux à deux, engendrent le même complexe quadratique. Dans la deuxième leçon, il transforme la question ainsi : Les espaces projectifs (E_1) , (E_2) peuvent être considérés comme les espaces polaires réciproques d'un même espace (E) par rapport à deux quadriques Σ_1 , Σ_2 . Un faisceau de quadriques est alors l'ensemble de toutes les quadriques telles que deux

quelconques étant prises pour surfaces directrices dans deux transformations par polaires réciproques conduisent à un même complexe quadratique. Dans une leçon ultérieure, il distingue, d'après R. Sturm et Cremona, quatre espèces principales de faisceaux de quadriques, mais il accorde peu de développements à cette distinction.

von Staudt avait déjà remarqué que les situations relatives de deux quadriques Σ_1 , Σ_2 correspondent aux diverses hypothèses concernant les éléments doubles de deux espaces projectifs. M. Servais s'est appliqué à mettre en évidence les diverses hypothèses et à étudier les cas correspondants des variétés des faisceaux de quadriques. Son mémoire, bien qu'il s'occupe d'une question classique, doit être considéré comme un travail original d'un grand mérite; l'ordre suivi est différent de celui de Reye; la méthode s'éloigne également de celle du professeur de Strasbourg, et la discussion des divers cas est plus approfondie.

Voici maintenant une analyse du mémoire de mon collègue de Gand; elle ne peut être que très sommaire, la nature du sujet n'en permettant guère d'autre.

Dans les paragraphes 1-4, l'auteur établit la notion de la projectivité d'une involution avec une forme du premier ordre, puis celle de deux involutions projectives entre elles, et celle des points doubles de telles involutions. Ces notions lui permettent d'établir un théorème connu, démontré ailleurs par d'autres méthodes, à savoir : *Deux cubiques tracées sur un même hyperboloïde et admettant les mêmes génératrices pour bisécantes, se coupent en quatre points.* Cette proposition intervient dans la suite du mémoire; les notions préliminaires d'où

M. Servais la déduit, sont démontrées au moyen des propriétés des faisceaux de coniques, qu'il a traitées dans un mémoire paru dans un journal italien (*Le Matematiche*).

Les paragraphes 5-9 traitent de deux espaces projectifs, qui sont définis ici comme pouvant se déduire l'un de l'autre par une suite d'homologies. La question des éléments doubles est examinée avec un soin extrême. Il y a lieu de distinguer quatre cas principaux; deux espaces projectifs peuvent : 1° être perspectifs; 2° projectifs gauches; 3° avoir une ponctuelle commune et deux autres points doubles; 4° avoir quatre points doubles, réels ou imaginaires.

Dans les paragraphes 10-56, M. Servais part, comme M. Reye dans la deuxième leçon du tome III de la *Geometrie der Lage*, de deux espaces projectifs (E_1) , (E_2) obtenus en transformant un même espace (E) par polaires réciproques par rapport à deux quadriques Σ_1 , Σ_2 . Il considère successivement les quatre cas dont nous venons de parler et donne les constructions de nouveaux espaces (E_3) , (E_4) , ..., projectifs avec les espaces (E_1) , (E_2) , et admettant deux à deux les mêmes éléments doubles que ceux-ci; il démontre que ces espaces (E_3) , (E_4) , ... sont en réciprocity involutive avec (E) et, par suite, polaires réciproques de (E) par rapport à certaines quadriques Σ_3 , Σ_4 , ... Toutes les quadriques Σ_1 , Σ_2 , Σ_3 , Σ_4 , ... sont dites former un faisceau de quadriques, ponctuel ou tangentiel suivant les cas. La discussion des diverses hypothèses, nous l'avons déjà dit, est poussée plus loin que dans les autres écrits sur la matière.

Dans les paragraphes 57-61, M. Servais revient sur le complexe tétraédral de Reye, qu'il ne pouvait se dispen-

ser de rattacher à son propre exposé de la théorie des faisceaux.

Enfin, une dizaine de pages du mémoire sont consacrées aux cubiques gauches; elles forment une contribution importante aux intéressantes recherches de Cremona sur la conique centrale.

Je conclus volontiers à l'impression du travail de M. Servais dans nos *Mémoires* in-8°, et je propose d'adresser des remerciements à l'auteur. »

—

Rapport de M. P. Mansion, deuxième commissaire.

« Je me rallie bien volontiers aux conclusions du savant premier rapporteur. Ce qui semble surtout remarquable à un professeur d'analyse infinitésimale, dans le mémoire de M. Servais présenté à l'Académie comme dans ses notes antérieures, c'est que l'auteur est parvenu à faire la discussion très complète de tous les cas particuliers, y compris ceux où interviennent les éléments imaginaires, sans se servir de la continuité, ni dans le sens analytique, ni dans le sens de Poncelet. »

M. De Tilly, troisième commissaire, déclare se rallier aux conclusions des rapports de ses deux savants confrères. Ces conclusions sont adoptées par la Classe.

—

Expériences nouvelles relatives à l'arc électrique et au phénomène de Duddell; par E. Lagrange.

Rapport de M. De Heen, premier commissaire.

« Le travail de M. Lagrange a pour but de confirmer une hypothèse destinée à interpréter le phénomène de Duddell, hypothèse qui me paraît probable. L'auteur a, à cet effet, institué des expériences nouvelles dont les résultats sont intéressants.

L'une des questions qui le préoccupent se trouve dans la raison d'être de ce fait que l'arc peut être rétabli s'il est interrompu pendant un temps très court.

Il me semble que l'on pourrait ajouter aux raisons que M. Lagrange invoque, cette circonstance que le milieu interposé en les deux charbons est fortement ionisé. Ce qui est la raison d'être de sa conductibilité.

Or, si le temps de l'interruption est très petit, la dés-ionisation n'a pas le temps de se produire, et le milieu conserve au moins en partie sa conductibilité. Il serait également bien intéressant, me semble-t-il, d'examiner ces arcs chantants à l'aide d'un miroir tournant, animé d'une grande vitesse.

J'ai l'honneur de proposer à la Classe d'ordonner l'impression du travail de M. E. Lagrange dans le *Bulletin* de la séance. »

M. G. Van der Mensbrugghe, second commissaire, déclare se rallier bien volontiers, dit-il, à la conclusion de M. De Heen; il engage, en même temps, l'auteur à continuer ses intéressantes expériences.

Ces conclusions sont adoptées par la Classe.

Du mode d'action de l'acide sur la sécrétion biliaire ;
par C. Fleig.

Rapport de M. Léon Fredericq, premier commissaire.

« L'auteur de la note soumise à notre appréciation conclut, comme M. Falloise et d'autres, que l'augmentation de la sécrétion biliaire, qui se montre après introduction d'un acide dans le duodénum, est, en partie au moins, d'origine *humorale*, c'est-à-dire due à une substance (*sécrétine* de Bayliss et Starling) qui passe dans le sang, et vient, par son intermédiaire, agir sur les cellules hépatiques. Il donne de cette opinion des preuves nouvelles et décisives.

Je propose d'insérer son intéressante notice dans le *Bulletin* de la séance. »

M. Masius, second commissaire, déclare se rallier à cette proposition; celle-ci est adoptée par la Classe.

Contribution à l'étude de la sécrétion biliaire : action
du chloral; par le Dr A. Falloise.

Rapport de M. Masius, premier commissaire.

« M. Falloise a démontré, dans des travaux antérieurs, que l'acide chlorhydrique introduit dans la partie duodéno-jéjunale de l'intestin active simultanément la sécrétion biliaire et la sécrétion pancréatique. L'accélération des deux sécrétions serait due à l'apport, par voie

sanguine, au foie et au pancréas, d'une substance nouvelle, la sécrétine, formée dans la muqueuse intestinale au contact de l'acide chlorhydrique.

Le chloral, d'après les recherches de Wertheimer et de Lepage, injecté dans le duodénum et la partie supérieure du jéjunum, provoque, tout comme l'acide chlorhydrique, une abondante sécrétion de suc pancréatique.

Par des expériences nombreuses sur de grands chiens, M. Falloise établit que le chloral exerce la même action sur la sécrétion biliaire que sur la sécrétion pancréatique; seulement, tandis que cette dernière cesse après trente minutes environ, la sécrétion biliaire persiste pendant plusieurs heures.

L'auteur montre que l'accélération de ces sécrétions survenant presque immédiatement après l'injection du chloral dans l'intestin doit être attribuée, tout comme pour l'acide chlorhydrique, à l'action d'une sécrétine — sécrétine-chloral — produite dans la muqueuse intestinale et transportée par les vaisseaux sanguins au foie et au pancréas. Si la sécrétion biliaire persiste pendant plusieurs heures, il faut l'attribuer à un effet direct du chloral sur la cellule hépatique.

Le mémoire de M. Falloise contient des faits nouveaux, bien observés.

J'ai l'honneur de proposer à la Classe de le faire imprimer dans le *Bulletin* de la séance. »

M. Léon Fredericq, second commissaire, déclare appuyer les conclusions du premier rapporteur; celles-ci sont adoptées par la Classe.

De l'absorption péritonéale de la propeptone chez le chien ;
par P. Nolf.

Rapport de M. Mastus, premier commissaire.

« Dans des recherches précédentes parues dans le *Bulletin* de la Classe, M. Nolf a montré que si l'on injecte dans les veines d'un chien une solution de propeptone avec assez de lenteur pour laisser au sang toute sa coagulabilité, il se produit bientôt, quand la dose injectée atteint environ 1 gramme par kilogramme d'animal, une chute profonde de la pression artérielle. En même temps s'établit une diminution très considérable du nombre des leucocytes, une hypoleucocytose primaire, et le chien ainsi traité acquiert l'immunité à l'injection intraveineuse brusque de propeptone.

Dans le présent travail, l'auteur établit que l'on peut obtenir sensiblement les mêmes effets en introduisant 1 ou 2 grammes de propeptone par kilogramme d'animal dans la cavité péritonéale du chien.

M. Nolf admet que la propeptone passe directement de la cavité péritonéale dans les capillaires lymphatiques et qu'elle est amenée assez rapidement dans la circulation veineuse pour produire les effets de l'injection intraveineuse lente.

J'ai l'honneur de proposer d'insérer dans le *Bulletin* de la séance l'intéressante communication de M. Nolf. »

M. Léon Fredericq, second commissaire, déclare se rallier aux conclusions du premier commissaire; celles-ci sont adoptées par la Classe.

De l'absorption intestinale de la propeptone chez le chien ;
par P. Nolf.

Rapport de M. Masius, premier commissaire.

« La pénétration lente de propeptone dans les veines, qu'elle se fasse directement (par injection intraveineuse) ou bien indirectement (par l'intermédiaire de la voie lymphatique), est suivie d'effets bien caractéristiques, qui se manifestent du côté du sang (coagulabilité et nombre des globules blancs du sang) et de la circulation (pression artérielle).

M. Nolf a cru pouvoir utiliser ces données expérimentales à la solution de la question, aujourd'hui très controversée, de la digestion intestinale des albuminoïdes. Il a appliqué à des chiens, dans l'intestin desquels il introduisait des solutions concentrées de propeptone, les méthodes qui lui avaient servi dans ses précédentes études sur l'action de la propeptone injectée dans les veines et dans la cavité péritonéale du chien. Seulement, comme l'absorption par l'intestin de grandes masses de liquides, même indifférents, pouvait, à elle seule, produire des modifications du sang et de la pression artérielle, une série d'expériences de contrôle fut établie sur des animaux auxquels on administra par la voie intestinale les liquides véhiculaires de la propeptone. Ces expériences de contrôle furent faites avec des solutions de chlorure

sodique (0.5 %), de carbonate sodique (0.25 %), d'acide chlorhydrique (0.5 %). Tandis que l'absorption des deux premières solutions véhiculaires s'accompagne de phénomènes assez banaux, le liquide acide provoque une vive irritation de l'intestin avec diarrhée; la pression artérielle tombe, et il se produit une immunité propeptonique assez notable.

La propeptone en solution neutre ou alcaline introduite dans l'intestin arrive à produire les mêmes effets, mais la chute de la pression artérielle n'est jamais très profonde (elle ne tombe qu'une fois au-dessous de 10 centimètres de mercure), et l'immunité propeptonique non plus n'est pas très marquée.

En milieu acide, il semble qu'il y ait neutralisation mutuelle (plutôt biologique que rigoureusement chimique) de la propeptone par l'acide et, vice versa, de l'acide par la propeptone. L'intestin supporte mieux l'acide quand il est combiné à la propeptone, et la propeptone quand elle est combinée à l'acide. L'absorption de ce mélange agit très peu sur la pression artérielle et influence aussi d'une façon variable (suivant le degré d'acidité) la coagulation du sang et l'immunité propeptonique.

M. Nolf se réserve de discuter les données de ces expériences dans la seconde partie de son travail, où il fera l'exposé des particularités caractéristiques de l'absorption intestinale des substances cristalloïdes provenant d'une digestion pancréatique poussée jusqu'à ses dernières limites.

Les faits consignés dans le mémoire qui nous est soumis apportent une contribution importante à l'étude de

la question de la digestion intestinale des albuminoïdes. Aussi, j'ai l'honneur d'en proposer l'impression dans le *Bulletin* de la séance. »

M. Léon Fredericq, second commissaire, déclare se rallier aux conclusions du rapport précité; celles-ci sont adoptées par la Classe.

Observations des Léonides faites à Boitsfort en 1905;
par Ch. Fiévez.

Rapport de M. Terby.

« Je crois que la Classe des sciences ordonnerait avec raison l'insertion, dans le *Bulletin*, de la petite note de M. Fiévez. Ces observations montrent que tout espoir de revoir une grande apparition de Léonides n'est pas encore perdu, malgré les résultats négatifs si nombreux obtenus, les années précédentes, aux époques signalées, avec raison, pour le retour d'un maximum. Déjà des nouvelles d'Angleterre nous sont parvenues signalant l'apparition d'un grand nombre de météores le matin du 16 novembre.

A Louvain, j'ai été empêché d'observer par suite de mon état de santé; mais le retour des Léonides a été constaté par MM^{lles} J. et M. Terby, qui ont surveillé le phénomène pendant les nuits du 14 au 15 et du 15 au 16.

Neuf étoiles filantes seulement ont été notées pendant la première nuit; quatre seulement émanaient du Lion; une seule traînée a été visible.

Il convient de noter que le ciel n'a pas été constamment favorable.

Trente-quatre étoiles filantes ont été observées du 15 au 16, de 10 h. 15 m. du soir à 5 heures du matin ; vingt-huit météores rayonnaient du Lion et douze ont été suivis de trainées ; les étoiles de première et de deuxième grandeur étaient en majorité. Le ciel ne demeura point serein pendant toute la durée des observations, et l'évidence de la manifestation du phénomène résulte moins du nombre total observé que des circonstances notées : l'éclat des étoiles filantes, les trainées et la persistance de celles-ci, la simultanéité de quelques apparitions, leur fréquence plus grande à certains moments, comme entre 1 heure et 2 heures du matin, alors que l'on put compter six météores en six minutes et malgré la présence de nuages dans une grande partie du champ d'observation ; la visibilité de certains météores à travers ces nuages. » — Adopté.

COMMUNICATIONS ET LECTURES.

La Classe décide, sur la demande de M. Van Bambeke, l'adjonction d'une annexe à son mémoire, sous presse, et portant pour titre : *Sur l'évolution nucléaire et la sporulation chez Hydnangium carneum Wallr.*

LA QUESTION DE LA TANGENTE. — *Sur le fait que la tangente a, non pas un point unique, mais une « multitude » de points en commun avec la courbe (notion de la CONTINUITÉ, et véritable principe de démonstration de la FORMULE DE TAYLOR); par Ch. Lagrange, membre de l'Académie.*

1. Dans différents travaux sur le principe de la limite, auxquels jusqu'ici, parmi les défenseurs de ce principe, personne ne s'est risqué à répondre (*), j'ai démontré, par des exemples, et en proposant des problèmes que ce principe en serait réduit à supprimer d'office pour subsister, non pas seulement son caractère défectueux et insuffisant, mais son absolue fausseté mathématique.

Après avoir, dès 1892, dans mon *Étude des forces*, établi, par cette voie des problèmes à résoudre, la nécessité de la notion d'infiniment petit fixe, je l'ai de nouveau mise en évidence, depuis l'*Étude du principe de la limite* en 1901, dans ce dernier travail et dans d'autres, par des exemples empruntés à l'analyse, au calcul des probabilités, à la mécanique, en la précisant par l'introduction de la notion d'infiniment petit absolu; celle-ci, par sa netteté, est de nature à ouvrir une voie nouvelle et à donner une base non discutable au calcul infinitésimal; elle le ramènera à son véritable principe.

Enfin, dans un travail intitulé : *Newton et le principe de la limite (l'infiniment petit absolu)*, j'ai prouvé, textes

(*) *Étude du principe de la limite*, et d'autres; voir la note, p. 1062.

en mains, le non-fondé des critiques, d'ailleurs non accompagnées de justification, qu'avait formulées notre honorable confrère M. Mansion relativement à l'opposition entre la conception infinitésimale de Newton et celle de Cauchy, et j'ai de nouveau proposé à mon honorable contradicteur de donner publiquement, si le principe de la limite ou l'infiniment petit de Cauchy sont suffisants, la solution de problèmes que j'indique. Cette épreuve peut être, aux yeux de tous, plus démonstrative que toutes les discussions.

Mon honorable contradicteur a jusqu'ici gardé le silence. Faut-il en conclure qu'en effet, et comme cela est trop évident, le principe de la limite conduirait ici à l'erreur, et que le seul parti à prendre pour le sauver est de ne pas l'exposer à se justifier publiquement? Pour qui sait observer et décider de la validité d'une cause rien que par l'attitude des parties, la question me paraît jugée.

A mesure qu'on parcourra dans les différentes branches de la science le champ des applications de l'analyse, on y verra fourmiller les cas en défaut ou, pour mieux dire, les erreurs, auxquels conduit le principe de la limite; ce principe n'est, en effet, en lui-même rien moins qu'une idée fausse, reposant sur une véritable *absurdité mathématique*, celle qui consiste à raisonner sur le néant ou le zéro, c'est-à-dire sur ce qui, par définition, n'a pas d'existence, comme sur une grandeur existante; et il n'y a rien d'exagéré à dire, d'après cela, que ce principe vicie tout l'exposé didactique à la fois de l'analyse et des sciences qui en sont l'application.

Les questions qui se présentent dans cette exploration

critique ont donc, à cet égard, d'autant plus d'intérêt qu'elles concernent des objets plus élémentaires et d'ordre plus courant. Or il en est peu qui, dans cet ordre, soient plus dignes d'attirer l'attention que celle qui fait l'objet de la note actuelle ; il n'en a été qu'incidemment question dans une de nos communications antérieures, et il nous paraît donc très utile de l'examiner en détail.

2. La question de la tangente doit être envisagée théoriquement au point de vue géométrique et au point de vue analytique. Mais en dehors des déductions de ces points de vue théoriques, il en est un qu'il convient de faire intervenir d'abord : c'est, en prenant ces mots dans leur sens étymologique, celui du *sens commun*, témoin souvent d'autant plus impartial qu'il est plus inconscient, et dont les indications doivent, sinon servir de guide, du moins convenir comme vérification aux déductions de principe des théories.

Or, voici ce que, dans ce tout premier point de vue, il est utile de remarquer.

Quand, partant d'un point A, on trace une courbe dans un plan, ou que, une courbe partant de A, on mène une tangente en A à cette courbe, on attribue d'instinct et invinciblement à la courbe la propriété ou d'être déterminée au point A par une direction, ou d'en déterminer une en ce point quand la courbe a été préalablement tracée.

Cette notion se précise ensuite dans notre esprit avec le dernier degré d'évidence, quand nous imaginons, au point A, un point *m* se mouvant sur la courbe ; et cela parce que l'idée du mouvement ou du déplacement de *m*

en dehors de A est invinciblement liée dans notre esprit à celle d'un élément qui, parmi le nombre infini des déplacements instantanés que pourrait subir m à partir de A , définit celui qu'il opère réellement; et cet élément, c'est la *direction* de ce déplacement.

Enfin, cette notion cinématique devient une nécessité logique quand on passe à l'ordre mécanique. Si l'inertie, en effet, est la propriété en vertu de laquelle un point matériel persiste dans son état de mouvement, et si l'on enseigne que, la force motrice cessant en A , le point m se meut suivant la tangente en vertu de l'inertie, on dit par cela même qu'il conserve le mouvement qu'il avait en A sur la courbe; or, pour le conserver, il faut qu'il l'ait eu, c'est-à-dire qu'il se soit mû en ligne droite sur la courbe.

De toute façon, c'est-à-dire tant au simple point de vue du tracé géométrique que cinématiquement et mécaniquement, on constate donc que le sentiment universel attribue en propre à la courbe la détermination d'une direction, et que pour lui la tangente et la courbe ont cette direction en commun; c'est-à-dire que, sur un certain parcours, la courbe se confond avec la ligne droite appelée tangente. En dehors de cela, la notion, par exemple, que le mouvement d'un point se continue suivant la tangente en vertu de l'inertie, non seulement lui paraît inexplicable, mais l'explication qu'on en donne en appliquant les notions de la mécanique lui paraît absurde.

Nous ne voulons pas appuyer sur ces indications du sens commun au point de les prendre comme enseignement unique et infaillible; nous les mentionnerons donc seulement par provision, mais en faisant remarquer que

les conceptions qui se piquent de rigueur et qui constituent la science sont, au minimum, tenues à ce critérium d'être plus fortes que le sens commun, s'il a tort, et, dans ce cas, de lui démontrer son erreur et de résoudre ses difficultés.

3. Ceci dit, voyons comment, au point de vue de la géométrie d'abord, on envisage et l'on définit la tangente.

Dans les traités de Géométrie élémentaire, on aborde l'étude de la tangente par celle de la tangente au cercle.

On définit la tangente au cercle : a) *une droite qui n'a qu'un point commun avec le cercle*. On fait ensuite généralement observer (*) que cette définition *a* ne peut convenir qu'aux courbes qui ne sauraient, comme le cercle, être rencontrées par une sécante en plus de deux points, et que b) *on appelle en général tangente à une courbe la limite des positions que prend une sécante AB qui tourne autour d'un point A de la courbe jusqu'à ce qu'un second point de section vienne se confondre avec le premier*. Il est évident, dit-on, qu'alors la droite n'aura plus qu'un point commun avec la courbe, comme dans la première définition.

En ce qui concerne la définition *a*, il faut observer : 1° que c'est une définition négative, ou par exclusion, fondée sur ce que, sauf la tangente, toutes les droites qui rencontrent le cercle ont avec lui deux points communs. Mais elle suppose implicitement la proposition qu'il existe des droites n'ayant avec le cercle qu'un point commun.

(*) Voir par exemple BLANCHET, livre II, *Définitions*.

Or, cette proposition n'est pas démontrée en outre, elle serait en opposition avec les données du sens commun, mentionnées plus haut); 2° cette définition *a*, basée, comme on vient de le dire, sur une exclusion, n'indique pas les vraies conditions de détermination d'une tangente par une courbe, même pour la tangente au cercle, et elle serait insuffisante à tous égards pour d'autres courbes. Pour un arc de sinusoïde, par exemple, correspondant à la demi-circonférence, si, d'après cette définition, il est vrai que la tangente est une droite qui n'a qu'un point commun avec la courbe, il n'est pas vrai qu'une droite qui n'a qu'un point commun avec la courbe est une tangente. La définition *a* de la tangente au cercle ne renferme donc pas le principe vrai et nécessaire de l'existence d'une tangente.

Quant à la définition *b*, 1° elle corrige le défaut de *a* de ne pas être générale; mais 2° elle conserve celui de ne pas faire connaître le principe même de l'existence de la tangente et de sa détermination statique par la courbe (*); 3° enfin, quand cette définition *b* par la limite cherche à concevoir cette limite en elle-même, elle retombe sur la proposition implicite, non démontrée (et en opposition avec les indications du sens commun), que la tangente n'a qu'un point en commun avec la courbe dans un arc fini suffisamment petit auquel appartient le contact.

(*) Il ne faut pas dédaigner les exemples familiers, en matière de sens commun : si, pour définir l'hôtel de ville de Bruxelles, on disait que c'est un monument qu'on ira visiter dans huit jours, cela, tout vrai qu'il soit, ne ferait pas connaître le monument pris en lui-même, par exemple son orientation et sa mesure.

4. On voit que les deux définitions, en dehors d'un caractère soit insuffisant comme *a*, soit détourné et illusoire comme *b*, ont un lien et un trait communs, qui est la proposition implicite du point de contact unique. Cette proposition non démontrée, elles l'admettent en faisant appel à leur tour au sens commun, qui ne fera pas difficulté d'accorder, sans autre examen, que les deux points de la sécante n'en font plus qu'un pour la tangente. Comme d'autres indications, qui subsistent, lui avaient cependant fait déclarer non moins invinciblement que la tangente devait avoir une direction, c'est-à-dire plusieurs points en commun avec la courbe, on voit que les définitions mentionnées, bien loin d'éclairer ce sens vulgaire, comme ce serait leur mission, n'arrivent tout au plus qu'à l'embrouiller et à le mettre en conflit avec lui-même, et qu'ainsi entre elles et les premières objections qu'il avait formulées, la partie est à peu près égale. Pour décider, il faut donc reprendre autrement la question, le nœud et le moyen étant l'examen du bien fondé de la *proposition* implicite, non aperçue par les définitions, de l'existence du point de contact unique, en appréciant les conditions statiques d'existence de la tangente.

5. Soit AB (fig. 1) une courbe tracée en partant du point A. Une ligne telle que AC menée par A n'a que ce point commun avec la courbe; une ligne telle que AD a les deux points A, D communs avec la courbe. Il y a donc une collection de lignes droites qui n'ont en commun avec la courbe que le point A, et une collection de lignes droites qui ont avec AB deux points communs, A et un second point D. Entre ces deux collections, il y a une

qui éclaire et accorde à la fois toutes les difficultés signalées d'abord (§ 4). Si la courbe entre A et D coïncide avec la droite AD, et a donc tous ses points en ligne droite de D à A, et si l'on considère une sécante AE' et qu'on la fasse tourner autour de A de manière que E' se rapproche de A, il est bien vrai, ainsi que le dit la définition de la tangente comme limite d'une sécante, que le point E' en suivant la courbe atteindra le point A et se confondra avec lui, mais ce sera en suivant le chemin E'DdA; et, d'autre part, et par cela même, la tangente, ou position limite de la sécante quand E' se confond avec A, ne sera autre que la dernière sécante AD, et aura par conséquent non pas un seul point A, mais tous les points en ligne droite AdD communs avec la courbe, qui n'est autre ici que AdD lui-même.

La proposition implicite du point de contact unique de la tangente est par cela aussi démontrée fausse, et du coup se trouvent d'accord avec la véritable théorie, et appréciées dans leur raison d'être, les diverses revendications instinctives du sens commun.

6. Il reste à approfondir le mécanisme précédent pour en tirer toutes les conséquences.

Une sécante, telle que AD, est déterminée par deux points A, D de la courbe. La première sécante est donc déterminée par les deux points A, D les plus rapprochés, c'est-à-dire par ceux dont la distance est un minimum, c'est-à-dire est la première distance à partir de zéro, ou l'infiniment petit absolu de distance. La première sécante en D (fig. 2) sera de même déterminée par D et le point G de la courbe, tel que DG soit l'infiniment petit absolu de

distance; de même pour la sécante suivante GK, etc. Or, je dis que AD, DG, GK en nombre fini sont en ligne droite, ou ont la même direction. En effet, pour qu'il en soit autrement, c'est-à-dire pour que la construction (fig. 2) existe, la condition nécessaire est qu'il existe une

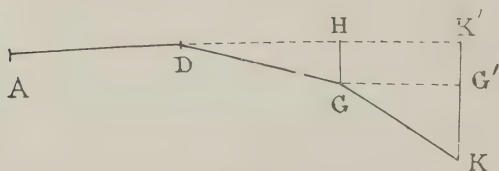


FIG. 2.

distance ($KK' = KG' + GH$) entre l'extrémité K et AD prolongée. Or les segments KG' , $G'K' = GH$ étant infiniment petits par rapport à GK, DG, leur somme KK' est infiniment petite par rapport à $DG + GK$; et, par conséquent, tant que DG, GK sont en nombre fini, KK' serait une fraction de DG, GK. Or, si DG est l'infiniment petit absolu, cela est impossible, par la définition même de cet infiniment petit absolu, qui est la première distance, et par conséquent un *indivisible*.

Il en résulte que la *courbe*, qui n'est autre chose que ADGK, a tous ses points en même ligne droite sur toute portion de sa longueur égale à un nombre fini d'infiniment petits absolus, c'est-à-dire, en désignant l'infiniment petit absolu par ε et par n un nombre entier fini, sur toute longueur de courbe $n\varepsilon$ à partir d'un point A. Nous avons, dans ce qui précède, pour fixer les idées et simplifier les déductions (mais, d'ailleurs, sans nuire à la généralité,

car on remarquera que l'établissement de la tangente par la limite ne dépend que d'une demi-droite mobile et est indépendant de la nature de la courbe dans la région diamétralement opposée), considéré un arc de courbe tracé à partir d'un point A; si l'on considère la position A quelconque sur un arc de courbe (fig. 3), la conclusion

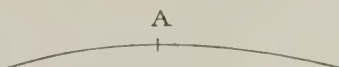


FIG. 3.

capitale précédente doit s'appliquer dans les deux sens autour de A, et l'on conclura que, dans la région $\pm ne$ autour de A, la courbe est en ligne droite, ligne droite qui n'est autre que la tangente en A. Celle-ci a donc en A une multitude de points communs avec la courbe.

7. Examinons maintenant la question de la tangente au point de vue analytique.

$y = f(x)$ étant une fonction de x , l'accroissement de la variable y , correspondant à un accroissement Δx de x , est

$$(1) \quad \Delta y = f(x + \Delta x) - f(x).$$

La différence exprimée par le second membre n'existant pas, ou étant, comme on dit, égale à zéro quand Δx n'existe pas, ou qu'on a $\Delta x = 0$, le second membre contient Δx en facteur, et on peut écrire

$$(2) \quad \Delta y = f(x + \Delta x) - f(x) = K \cdot \Delta x,$$

en désignant par K un multiplicande de Δx . On déduit de là

$$(5) \quad \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{\Delta x} = \frac{K \cdot \Delta x}{\Delta x} = K.$$

$\frac{\Delta y}{\Delta x}$ est la tangente de l'angle que fait avec la direction de x la sécante menée par le point (xy) et le point $(x + \Delta x, y + \Delta y)$. La grandeur K est elle-même une fonction de Δx , qui, quand Δx n'existe pas, c'est-à-dire pour $\Delta x = 0$, prend la valeur K' , de telle sorte que l'on peut écrire

$$(4) \quad K = K' + K'' \cdot \Delta x,$$

en désignant par K'' un nouveau multiplicande de Δx .

On aura donc ainsi

$$(5) \quad \Delta y = (K' + K'' \cdot \Delta x) \Delta x,$$

$$(6) \quad \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{(K' + K'' \Delta x) \Delta x}{\Delta x} = \frac{K' \Delta x}{\Delta x} + \frac{K'' \Delta x \cdot \Delta x}{\Delta x},$$

qu'on écrit

$$(7) \quad \frac{\Delta y}{\Delta x} = K' + K'' \cdot \Delta x,$$

où K' est une grandeur fixe.

On remarque ensuite que $\frac{\Delta y}{\Delta x}$ diffère d'autant moins de K' que Δx est plus petit; de telle manière que K' est une

grandeur dont $\frac{\Delta y}{\Delta x}$ s'approche autant qu'on veut en diminuant Δx , sans jamais l'atteindre tant que Δx existe. On appelle K' la *limite* de $\frac{\Delta y}{\Delta x}$, on la désigne par $\frac{dy}{dx}$; et, en revenant à la figuration géométrique, et remarquant que la limite K' est la valeur du second membre de (7) quand on y fait $\Delta x = 0$, c'est-à-dire quand les deux points (xy) $(x + \Delta x, y + \Delta y)$ se confondent, on en conclut que de même que $\frac{\Delta y}{\Delta x}$ mesurait la tangente de l'angle de direction de la sécante à la courbe, $\frac{dy}{dx} = K'$ mesure celle de la tangente à la courbe.

La déduction purement analytique paraît donc d'abord en plein accord avec la conception du point de contact unique.

Nous allons cependant voir, en suivant de près les opérations, et en ne nous laissant pas détourner, par l'écriture algébrique, du vrai sens de ces opérations, que cette déduction, telle que nous venons de la présenter d'après les idées universellement admises et enseignées, est tout aussi erronée que la conception géométrique, fausse aussi, nous l'avons démontré, qu'elle semblerait d'abord venir confirmer.

8. Il suffit pour cela de suivre avec attention les équations (5) (6) (7) que nous venons de rappeler, et de faire sur (7) la remarque suivante, qui est le nœud et la solution du tout. Il semble, sans autre réflexion, et c'est ce que tout le monde aujourd'hui accepte en effet sans examen, que la limite K' s'obtient en faisant $\Delta x = 0$ dans

le second membre de (7); et, dès lors, on ne voit pas pourquoi K' ne pourrait pas représenter un coefficient angulaire $\frac{dy}{dx}$, aussi bien que $\frac{\Delta y}{\Delta x}$, et désigner une droite n'ayant avec la courbe qu'un point unique (xy) , coïncidence de (xy) et $(x + \Delta x, y + \Delta y)$ pour $\Delta x = 0$. Mais la réponse est facile, et l'erreur, pour imprévue qu'elle soit, évidente. C'est que le terme K' du second membre de (7), c'est-à-dire la LIMITE, n'existe pas pour $\Delta x = 0$. On croit que la limite correspond à $\Delta x = 0$, et il se trouve qu'alors elle n'existe pas. En effet, le K' de (7) n'est autre chose que le terme $\frac{K' \Delta x}{\Delta x}$ de (6), c'est-à-dire le rapport de $K' \Delta x$ à Δx ; or, ce rapport n'existe pas, il n'a pas de sens, quand Δx n'existe pas, ce qu'on exprime par $\Delta x = 0$. En d'autres termes encore, on n'a le droit de diviser les deux termes de $\frac{K' \Delta x}{\Delta x}$ par Δx que si Δx existe, ou est différent de zéro.

En croyant donc que K' existe dans (7) pour $\Delta x = 0$, on est simplement victime d'une illusion et d'un emploi irraisonné de l'écriture algébrique.

Il suit de là que la véritable limite de $\frac{\Delta y}{\Delta x}$ est en réalité et ne peut être que la valeur $\frac{dy}{dx}$ de $\frac{\Delta y}{\Delta x}$ pour la plus petite valeur existante de Δx , c'est-à-dire pour la première à partir de zéro, ou pour l'infiniment petit absolu ε . Alors, ε étant nécessairement un indivisible, le terme $\Delta x \times \frac{\Delta x}{1}$, qui serait une fraction de $\Delta x = \varepsilon$, n'existe pas; il en est de même pour $\Delta x = n\varepsilon$, n étant un nombre entier fini; de telle sorte que, dans le champ des variations $\Delta x = n\varepsilon$ autour de (xy) , le terme en Δx . Δx n'existe

pas. On a donc *rigoureusement*, dans ce champ, en y désignant par dx , dy les accroissements de x , y ,

$$dy = K'dx$$

$$\frac{dy}{dx} = \frac{K'dx}{dx} = K',$$

et tel est le véritable sens de la différentielle et de la dérivée d'une fonction, lesquelles correspondent rigoureusement à des accroissements des variables différents de zéro, lesquels accroissements sont compris dans le champ $n\varepsilon$. On voit immédiatement par là aussi que la tangente a en commun avec la courbe, non pas un seul et unique point (xy) , mais bien une multitude de points, savoir tous ceux de ce champ $n\varepsilon$. La déduction analytique et ses conclusions sont donc en plein accord avec celle de l'analyse géométrique, et toutes deux, sur tous les points, avec les indications antérieures du sens commun, qu'elles satisfont en même temps qu'elles le justifient.

9. La question capitale que nous avons soulevée et que nous venons de résoudre dans un sens radicalement opposé aux errements universels d'aujourd'hui, dont nous venons de démontrer l'erreur, se confond en réalité et dans ce qu'elle a de plus profond, avec une autre dont le nom seul multipliera la portée de ce débat, savoir la notion fondamentale de la *continuité* en analyse; et il n'est pas difficile de montrer maintenant que la définition qu'on en donne partout, d'après Cauchy et la théorie des limites, repose sur des fondements entièrement faux et est donc inacceptable.

Ainsi, on dit qu'une fonction $y = f(x)$ est continue pour x , quand, quelque petite que soit une quantité positive donnée ϵ , il existe une grandeur h , existante c'est-à-dire différente de $h = 0$, telle que, en valeur absolue, on ait

$$\Delta y = f(x + h) - f(x) < \epsilon,$$

quel que soit d'ailleurs le signe de h .

On suppose nécessairement dans cette définition, comme nous l'avons explicitement spécifié, que h et par conséquent Δy existent, c'est-à-dire qu'on n'ait pas $\Delta y = 0$, qui satisferait toujours d'elle-même à l'inégalité.

On s'appuie donc, pour faire cette définition, sur la proposition implicite : « Quelque petite que soit une valeur absolue ϵ , il existe des valeurs absolues moindres. » Or cette proposition, nécessaire à la définition, est fausse, puisqu'il existe un minimum de la grandeur qui est l'infiniment petit absolu, ou la première valeur à partir de zéro, laquelle, en sa qualité de *première*, est un indivisible et n'a donc pas, par définition, de grandeurs moindres qu'elle.

Avec la notion de l'infiniment petit absolu, la définition de la continuité est aussi claire qu'elle est correcte. Une grandeur (ou fonction) est *absolument continue* ou a la *continuité absolue*, quand elle varie par *infiniment petits absolus*. On dira, plus généralement, qu'une grandeur (ou fonction) est *continue* quand elle varie par *infiniment petits*, c'est-à-dire par des variations $N\epsilon$, toujours nécessairement formées d'un nombre entier N d'infiniment petits absolus ϵ , qui ne sont pas finies (c'est-à-dire de l'ordre de grandeur où nos propres conditions

d'existence physique nous permettent de mesurer physiquement une grandeur au moyen d'une autre).

Elle est *discontinue* quand ses variations, c'est-à-dire la différence de deux de ses états successifs, sont de l'ordre fini ou le dépassent.

La considération des *différents ordres d'infiniment petits* conduit dès lors aussi à la notion correspondante, et je pense aussi nouvelle que capitale, des *différents ordres de continuité*.

10. L'erreur sur laquelle repose la définition classique de la continuité étant à la base et comme la racine de l'analyse, doit nécessairement se manifester constamment, et l'on n'a à cet égard qu'à choisir au hasard des exemples qui attirent l'attention.

Telle est la proposition fondamentale de la méthode des limites, suivant laquelle, quand la différence $A - B$ de deux grandeurs peut être rendue moindre que toute quantité donnée ε , quelque petite que soit celle-ci, ces grandeurs tendent vers l'égalité ou sont égales à la limite, leur rapport devenant égal à l'unité.

On sous-entend évidemment que leur différence peut être rendue $< \varepsilon$ tout en continuant à exister, c'est-à-dire sans être zéro (sans quoi la proposition n'aurait pas de raison d'être, puisque si l'on peut avoir $A - B = 0$, on a évidemment $A = B$); c'est-à-dire que l'on s'appuie implicitement sur la proposition fausse que nous avons mentionnée plus haut, savoir que, quelque petit que soit ε , il *existe* des grandeurs moindres. Cette proposition fondamentale de la méthode des limites est donc fausse également.

Telle est encore, par exemple, l'affirmation de M. Kronecker (cité par M. Poincaré dans son livre : *La science et l'hypothèse*), que parmi tous les carrés > 2 il n'en est pas de plus petit que tous les autres, puisque, dit-il, si l'on en donne un, on peut *toujours* en indiquer un plus petit. Idée entièrement fausse et qui vient ici de l'emploi insolite de la notion de *temps*, laquelle n'a rapport qu'au procès de notre esprit pour atteindre l'infini en épuisant le fini, mais qui n'a rien à voir avec la conception actuelle de la réalité objective. Il suffit de faire remarquer à ces géomètres que *parmi tous les carrés > 2 , il y en a certainement un qui est $<$ tous les autres, puisque, en venant de 2, il y en a un qu'on rencontre le premier.*

Cette même question des incommensurables donnerait lieu à une observation du même ordre, quoique plus délicate, à l'occasion d'un passage du cours d'analyse de M. Mansion : « Si, par un procédé quelconque, dit-il, on parvient à distinguer les nombres commensurables en deux groupes a , A , tels que tout nombre du premier groupe soit inférieur à un nombre quelconque du second et sans qu'aucun nombre commensurable sépare ces deux groupes, on dit qu'ils sont séparés par un nombre incommensurable α . Ainsi, par exemple, il y a des nombres commensurables dont le carré est inférieur à 2, d'autres dont le carré est supérieur à 2. On dit que ces deux groupes sont séparés par un nombre incommensurable représenté par le symbole $\sqrt{2}$. »

Le vague d'une semblable définition, qui n'apprend encore une fois rien sur la nature propre du nombre incommensurable ou nombre de séparation des groupes, lequel, d'après ce dernier terme, semble exister, tandis que le mot *symbole*, par lequel on le désigne, tend plutôt

à faire penser qu'il n'existe pas, disparaît par la simple et claire notion de l'infiniment petit absolu. Il suffit de poursuivre, à propos de ce passage de M. Mansion, la réponse évidente déjà faite à celui de M. Kronecker. En partant de 2 et en marchant dans le sens positif, il y a un A^2 qu'on rencontre le premier; c'est donc le plus petit de tous les A^2 , soit A_m^2 ; en partant de 2 et en marchant dans le sens négatif, il y a un a^2 qu'on rencontre le premier; c'est donc le plus grand de tous les a^2 , soit a_M^2 .

Il est donc certain que, dans la suite des deux groupes a et A , les deux nombres a_M et A_m se suivent; que l'un est le plus grand nombre du groupe a et l'autre le plus petit du groupe A .

On voit ensuite clairement, au sujet de la notion du « nombre de séparation des groupes », que la séparation est formée par le groupe des nombres

$$a_M + i\varepsilon,$$

où ε est l'infiniment petit absolu et où i est un des nombres entiers

$$1, 2, \dots \left(\frac{A_m - a_M}{\varepsilon} - 1 \right).$$

Il s'agit maintenant d'examiner si $\sqrt{2}$ existe, c'est-à-dire s'il existe un nombre X qui, multiplié par son rapport à l'unité, reproduit 2.

On aura nécessairement

$$a_M = N\varepsilon \quad \text{et} \quad A_m = N'\varepsilon,$$

et l'unité $= 1 = N_0\varepsilon$, N_0 , N et N' étant des nombres entiers, avec la condition

$$a_M^2 < 2 < A_m^2,$$

c'est-à-dire

$$\left\{ \begin{array}{l} N_{\varepsilon} \times \left(\frac{N_{\varepsilon}}{N_0 \varepsilon} \right) < 2N_0 \varepsilon \\ N'_{\varepsilon} \times \left(\frac{N'_{\varepsilon}}{N_0 \varepsilon} \right) > 2N_0 \varepsilon, \end{array} \right.$$

ou

$$N^2 < 2N_0^2$$

$$N'^2 > 2N_0^2.$$

Si l'on extrait la racine carrée du nombre entier $2N_0^2$, N_4 sera la partie entière de cette racine; donc on aura $N' = N + 1$; par conséquent

$$\frac{A_m - a_m}{\varepsilon} - 1 = \frac{(N + 1) \varepsilon - N_{\varepsilon}}{\varepsilon} - 1 = 0,$$

ce qui signifie que le groupe de nombres $a_m + i\varepsilon$ n'existe pas, et ce qui éclaire la définition de M. Mansion en montrant que le nombre de séparation qu'il suppose entre les deux groupes de racines carrées n'existe pas, la différence de a_m à A_m étant l'infiniment petit absolu.

Il faut donc dire clairement que $X = \sqrt{2}$, défini comme il a été dit plus haut, n'existe pas dans l'ordre des grandeurs $N\varepsilon$, N étant un nombre entier et ε l'infiniment petit absolu (*), et que si 2 n'est pas, dans ce sens, un carré, il est compris entre deux carrés entièrement

(*) On peut réserver la question de savoir s'il y a lieu cependant de considérer l'existence de $\sqrt{2}$ en tant que nouvelle espèce de *quantité complexe* résultant de l'*opération impossible* de la *division* de ε (à la manière dont les imaginaires résultent de l'*opération impossible* $\sqrt{-1}$).

définis, dont il diffère de quantités de l'ordre infiniment petit absolu.

On peut encore remarquer que les nombres infiniment rapprochés de 2, qui ont des racines carrées, sont

$$2 - \frac{2N_0^2 - N^2}{N_0} \varepsilon \quad \text{et} \quad 2 + \frac{(N + 1)^2 - 2N_0^2}{N_0} \varepsilon.$$

Les différences entre 2 et ces nombres sont donc entièrement déterminées et égales à

$$\frac{2N_0^2 - N^2}{N_0} \varepsilon \quad \text{et} \quad \frac{(N + 1)^2 - 2N_0^2}{N_0} \varepsilon.$$

Leur somme est égale à

$$\frac{(2N + 1)\varepsilon}{N_0} = \varepsilon(2a_M + \varepsilon).$$

On voit avec quelle *netteté algébrique*, contrastant singulièrement avec le vague et l'indécision de l'idée mal assise de limite qui conduirait, on l'a vu, à remplacer ici des idées par des mots, la notion nécessaire de l'infiniment petit absolu met les points sur les *i* et fixe entièrement l'esprit sur des questions noyées, en apparence, dans un vague insaisissable.

11. Nous avons touché plus haut (§ 9), en passant, à une notion capitale, celle des *ordres de continuité*; et, sans qu'on veuille la développer en détail dans cette note, elle est trop intimement en connexion avec la question de la tangente pour qu'il ne convienne pas d'en dire

cependant quelques mots. Déjà il y a été fait allusion dans un travail antérieur [*Newton et le principe de la limite*, § 6 (note)], et c'est à peu près au même égard que nous voulons l'aborder ici, et en vue d'ailleurs de l'établissement de la formule de Taylor. Il s'agit des différents ordres d'accroissements auxquels correspond la détermination des dérivées des différents ordres

$$\frac{dy}{dx}, \quad \frac{d^2y}{dx^2}, \dots$$

y_0 étant la valeur de y qui correspond à x_0 , y celle qui correspond à $x + h$, $y - y_0$ n'existe que si h existe. On peut donc écrire $y = y_0 + F_1h$, F_1 étant une fonction de x_0 et h .

De même si A_1 est ce que devient F_1 quand h n'existe pas, ou pour $h = 0$, on aura

$$F_1 = A_1 + F_2h,$$

F_2 étant une nouvelle fonction de x_0 et h ; d'où

$$y = y_0 + A_1h + F_2h^2.$$

En poursuivant de proche en proche la même décomposition, on aura donc, n étant un nombre entier,

$$y = y_0 + A_1h + A_2h^2 + \dots + A_{n-1}h^{n-1} + F_nh^n,$$

$A_1 A_2 \dots A_{n-1}$ étant des coefficients indépendants de h , et F_n une fonction de h .

Telle est la raison d'être directe et simple du développement d'une fonction de x suivant les puissances d'un accroissement h (positif ou négatif) de x .

Il s'agit de découvrir les coefficients $A_1 \dots A_{n-1}$ et la nature de la fonction F_n .

Soit d'abord $n = 1$. On aura

$$y = y_0 + F_1 h = y_0 + A_1 h + F_2 h^2.$$

Soit h de l'ordre infiniment petit absolu, — c'est-à-dire soit $h = \mu \varepsilon = \xi$, μ étant un entier fini et ε l'infiniment petit absolu, — la plus petite variation de x pour laquelle existe une variation $y - y_0 = \Delta y_0$ de y .

La limite de $\frac{\Delta y}{\Delta x}$, c'est-à-dire la dérivée $\frac{dy}{dx}$, sera égale à

$$(1) \quad \dots \dots \dots \frac{dy}{dx} = \frac{\Delta y_0}{\xi},$$

et dans tout le champ $x_0 \pm \mu \varepsilon$, où μ est un nombre entier fini, $\frac{dy}{dx}$ conserve la même valeur. (Cette région est celle où la tangente coïncide avec la courbe.)

Mais si $h = \xi$ est de l'ordre infiniment petit absolu, h^2 n'existe pas, puisque l'on aurait

$$h^2 = \mu \varepsilon \times \frac{\mu \varepsilon}{1} = \varepsilon \times \frac{\mu^2 \varepsilon}{1} < \varepsilon,$$

et que ε est indivisible. Donc on a alors

$$y = y_0 + A_1 h, \quad \text{d'où} \quad A_1 = \frac{y - y_0}{h} = \frac{\Delta y_0}{\xi} = \left(\frac{dy}{dx} \right)_0;$$

$$\text{ou, en écrivant} \quad \dots \quad \frac{dy}{dx} = f'(x),$$

$$A_1 = f'(x_0).$$

Soient maintenant, de x_0 à x ,

$$x_0 \quad x_1 = x_0 + \xi \quad x_2 = x_1 + \xi \dots \quad x = x_m = x_{m-1} + \xi$$

les valeurs successives de x , auxquelles correspondent les valeurs de y

$$y_0 \quad y_1 \quad y_2 \quad y_{m-1} \quad y_m.$$

On aura, par ce qui précède, en désignant par A_1 , A'_1 , $A''_1 \dots A_1^{(m-1)}$ les valeurs successives et correspondantes de la grandeur A_1 ,

$$\left\{ \begin{array}{l} y_1 = y_0 + A_1 \xi \\ y_2 = y_1 + A'_1 \xi \\ y = y_m = y_{m-1} + A_1^{(m-1)} \xi; \end{array} \right.$$

d'où

$$y = y_0 + \sum_{x_0}^{x_{m-1}} A_1 \xi = y_0 + \sum_{x_0}^{x_{m-1}} A_1 \frac{x - x_0}{m} = y_0 + \frac{\sum_{x_0}^{x_{m-1}} A_1}{m} (x - x_0).$$

Le coefficient de $x - x_0 = h$ est la moyenne des valeurs de A_1 de x_0 à x_{m-1} , m étant ici un nombre infiniment grand entièrement déterminé et donné par

$$m = \frac{x - x_0}{\xi} = \frac{x - x_0}{\mu \varepsilon}.$$

Or on a généralement $A_1 = f'(x)$. En désignant la moyenne précédente des A_1 par (A_1) , et par $x = x_0 + \theta h$, où θ est une fraction, la valeur de x donnée par

$$(2) \quad \dots \quad (A_1) = f'(x) = f'(x_0 + \theta h),$$

on aura donc très simplement la formule

$$(1) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad y = y_0 + hf'(x_0 + \theta h),$$

de forme connue, mais où la grandeur θ est ici entièrement définie et déterminée, et correspond, par la formule (2), à la *moyenne arithmétique* des grandeurs A_1 de x_0 à x_{m-1} .

Supposons maintenant $n = 2$.

On aura

$$y = y_0 + A_1 h + F_2 h^2 = y_0 + A_1 h + A_2 h^2 + F_3 h^3.$$

A_1 vient d'être déterminé; on a

$$A_1 = \left(\frac{dy}{dx} \right)_0 = f'(x_0).$$

Soit h de l'ordre de la racine carrée $\sqrt{\varepsilon}$ de l'infiniment petit absolu ε , — c'est-à-dire soit $h = \mu' \sqrt{\varepsilon} = \xi'$, μ' étant un entier fini, et $\sqrt{\varepsilon}$ la plus petite racine carrée, — la plus petite variation de x pour laquelle existe une variation $\Delta^2 y_0$ de Δy . La *limite* de $\frac{\Delta^2 y}{\Delta x^2}$, c'est-à-dire la dérivée $\frac{d^2 y}{dx^2}$, sera égale à

$$(3) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{\Delta^2 y}{\xi'^2},$$

et dans tout le champ $x_0 \pm \mu' \sqrt{\varepsilon}$, où μ' est un nombre entier fini, $\frac{d^2 y}{dx^2}$ conserve la même valeur. (Cette région est celle où le cercle de courbure coïncide avec la courbe.)

Mais si $h = \xi'$ est de l'ordre $\sqrt[\varepsilon]{}$, h^5 n'existe pas, puisque l'on aurait

$$h^5 = \mu' \sqrt[\varepsilon]{} \frac{\mu' \sqrt[\varepsilon]{}}{1} \frac{\mu' \sqrt[\varepsilon]{}}{1} = \varepsilon \times \frac{\mu'^5 \sqrt[\varepsilon]{}}{1} < \varepsilon$$

et que ε est indivisible. Donc on a alors, en désignant par y_1, y_2 les valeurs de y correspondantes aux accroissements $h = \xi', h = 2\xi'$,

$$\begin{cases} y_1 = y_0 + A_1 \xi' + A_2 \xi'^2 \\ y_2 = y_0 + A_1 \cdot 2\xi' + A_2 \cdot 4\xi'^2; \end{cases}$$

d'où

$$\begin{cases} \Delta y_0 = A_1 \xi' + A_2 \xi'^2 \\ \Delta y_1 = A_1 \xi' + A_2 \cdot 3\xi'^2 \end{cases}$$

$$\Delta y_1 - \Delta y_0 = \Delta^2 y_0 = A_2 \cdot 2\xi'^2,$$

et, par conséquent,

$$A_2 = \frac{1}{2} \frac{\Delta^2 y_0}{\xi'^2} = \frac{1}{1 \cdot 2} \left(\frac{d^2 y}{dx^2} \right)_0.$$

Soient maintenant de x_0 à x ,

$$x_0 \quad x_1 = x_0 + \xi' \quad x_2 = x_1 + \xi' \quad x = x_m = x_{m-1} + \xi'$$

les valeurs successives de x , auxquelles correspondent, d'après ce qui précède et en désignant par $A_1 A_1' A_2'' \dots A_2^{(m'-1)}$

les valeurs successives et correspondantes de la grandeur A_2 , les valeurs de Δy :

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta y_0 = \Delta y_0 \\ \Delta y_1 = \Delta y_0 + 2\xi'^2 A_2 \\ \Delta y_2 = \Delta y_1 + 2\xi'^2 A'_2 \\ \vdots \\ \Delta y_{m'-1} = \Delta y_{m'-2} + 2\xi'^2 A_2^{(m'-1)}. \end{array} \right.$$

On en déduit

$$\Delta y_0 = \Delta y_0$$

$$\Delta y_1 = \Delta y_0 + 1 \cdot 2\xi'^2 A_2$$

$$\Delta y_2 = \Delta y_0 + 2 \cdot 2\xi'^2 A'_2$$

$$\Delta y_{m'-1} = \Delta y_0 + (m' - 1) \cdot 2\xi'^2 A_2^{(m'-1)};$$

et, en ajoutant ces relations membre à membre, il vient

$$y = y_0 + m' \Delta y_0 + 2\xi'^2 [1 \cdot A_2 + 2A'_2 + \dots + (m' - 1) A_2^{(m'-1)}];$$

ou, à cause de

$$\Delta y_0 = A_1 \xi' + A_2 \xi'^2,$$

$$y = y_0 + A_1 m' \xi' + 2\xi'^2 \left[\frac{m' A_2}{2} + 1 \cdot A_2 + 2A'_2 + \dots + (m' - 1) A_2^{(m'-1)} \right],$$

où l'on a

$$m' \xi' = x - x_0.$$

D'autre part, en désignant par (A_2) une valeur médiane

entre les valeurs $A_2, A_2' \dots A_2^{(m'-1)}$, on aura

$$\begin{aligned} & \frac{m'A_2}{2} + 1 \cdot A_2 + 2A_2' + \dots + (m' - 1) A_2^{(m'-1)} \\ &= (A_2) \left\{ \frac{m'}{2} + 1 + 2 + \dots + (m' - 1) \right\} \\ &= \left(\frac{m'}{2} + \frac{m' \cdot m' - 1}{2} \right) (A_2) = \frac{m'^2}{2} (A_2), \end{aligned}$$

et, par conséquent,

$$y = y_0 + A_1 m' \xi' + (A_2) m'^2 \xi'^2.$$

Or on a généralement

$$A_2 = \frac{1}{1 \cdot 2} \frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{1}{1 \cdot 2} f''(x).$$

En désignant par $x = x_0 + \theta h$, où θ est une fraction, la valeur de x donnée par

$$(4) \quad \dots \quad (A_2) = \frac{1}{1 \cdot 2} f''(x_0 + \theta h),$$

et remarquant que

$$m' \xi' = h \quad \text{et} \quad A_1 = \left(\frac{dy}{dx} \right)_0 = f'(x_0),$$

on aura donc la formule

$$(II) \quad \dots \quad y = y_0 + h f'(x_0) + \frac{h^2}{1 \cdot 2} f''(x_0 + \theta h),$$

de forme connue, mais où la grandeur θ est ici entièrement définie et déterminée, et correspond par la formule (4) à la *valeur médiane* des grandeurs A_2 de x_0 à $x_{m'-1}$ donnée par

$$(A_2) = \frac{\frac{m'A_2}{2} + 1 \cdot A_2 + 2A'_2 + \dots + (m' - 1) A_2^{(m'-1)}}{\frac{m'^2}{2}}.$$

On a ici

$$m' = \frac{x - x_0}{\mu' \sqrt{\varepsilon}},$$

ε étant l'infiniment petit absolu.

En introduisant successivement la considération d'accroissements h des ordres $\sqrt[3]{\varepsilon}$, $\sqrt[4]{\varepsilon}$, ... $\sqrt[n]{\varepsilon}$, ε étant l'infiniment petit absolu, on trouve par la méthode précédente les formes successives de la formule de Taylor, comprenant 3, 4, ... n termes. C'est ce que j'exposerai dans une autre communication, en établissant la loi des valeurs médianes successives A et des grandeurs θ correspondantes; mon objet dans cette note, spécialement destinée à la question du contact de la tangente, n'était que de mettre en évidence, par l'établissement des premières expressions complètes de cette formule de Taylor, le véritable principe de sa démonstration, fondée sur la notion fondamentale de l'infiniment petit absolu et des ordres de continuité successifs correspondants à ses racines entières.

12. Le dernier résultat que nous venons d'obtenir est mieux fait que tout autre peut-être pour mettre en évidence l'importance de la question qui l'a amené, c'est-à-dire la question de la tangente, qui faisait l'objet premier

de cette note. Il ne montre pas seulement l'utilité de la notion de l'infiniment petit absolu pour établir directement la formule fondamentale de l'analyse, en substituant son vrai principe de démonstration aux considérations détournées et indirectes par lesquelles on la vérifie plutôt qu'on ne la démontre habituellement, il prouve la nécessité de cette notion pour rendre la formule déterminée, c'est-à-dire pour faire disparaître l'indétermination qui subsiste sur la valeur de la grandeur θ dans les démonstrations actuelles, indétermination qui, à elle seule, prouve par un *fait* l'insuffisance de la théorie des limites.

Quant à la notion même de la tangente, elle a, au point de vue de la discussion, une force probative particulière, d'abord par son avantage pratique d'être une des plus familières, à raison de son emploi constant dans toutes les sciences d'application; ensuite parce qu'au point de vue théorique, elle renferme en puissance toutes les idées de principe fondamentales de l'analyse elle-même, idées qui se résument au fond dans la notion capitale de la *continuité*.

Le mémoire actuel forme le numéro 6 d'une suite de communications (*) où, depuis plus de dix ans, j'établis

(*) 1. *Étude du système des forces* (Appendice). (MÉM. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, 1892, t. XLVIII.)

2. *Étude du principe de la limite*. (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE (Classe des sciences), nos 9-10, 1901.)

3. *Sur l'infiniment petit absolu*, dans la revue « L'Enseignement mathématique », mai 1902.

4. (*Réclamation de priorité...*). *Note sur l'infiniment petit absolu*. (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE (Classe des sciences), 1903, n° 3.)

5. *Newton et le principe de la limite*. (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE (Classe des sciences), 1903, n° 7.)

le caractère défectueux et équivoque de la mauvaise définition de l'infiniment petit de Cauchy et l'erreur du principe de la limite, et cela par une méthode plus forte que toutes les discussions puisque, en quelque sorte, elle s'en passe et qu'elle est accessible à l'appréciation de tout le monde : celle qui consiste à proposer aux défenseurs de la limite des problèmes, d'ordre classique, à résoudre publiquement sans employer la notion d'infiniment petit fixe. Or, comme je l'ai déjà constaté au commencement de cette note, personne jusqu'ici, malgré mes instances, ne s'est risqué à cette épreuve, qui démontrerait publiquement l'impuissance de la théorie (*); et l'on ne saurait blâmer celle-ci de la redouter.

(*) J'en ai donné une preuve en citant, dans *Newton et le principe de la limite*, pour montrer l'impasse dans laquelle ce principe est acculé, la proposition d'un honorable géomètre, dont je n'ai pu obtenir, et je le regrette tout en le comprenant, la discussion publique de ses critiques, de faire signifier en calcul des probabilités à l'équation $P = 0$, non plus l'impossibilité mais l'improbabilité (?), ce qui renverserait, avec le sens commun, toute cette science telle qu'elle est établie depuis près de trois siècles. Dans ce même ordre d'idées, il faudrait aussi dire que $P = 1$ ne désigne plus la *certitude* mais la *vraisemblance* (?). Je mets au défi courtois ce géomètre, si les notions de probabilités ont pour objet de développer le jugement, de justifier publiquement la limite lorsqu'elle nous enseigne, par exemple dans la question du tir, qu'on a autant de chance d'atteindre le centre de la cible : *a*) en chargeant l'arme ou *a')* en ne la chargeant pas. La théorie de la limite établit en effet que, pour ces deux cas, on a $P = 0$, $P' = 0$; d'où $P = P'$. Même chance d'atteindre encore, en visant du côté de la cible ou en lui tournant le dos. Cette propriété étant d'ailleurs vraie pour un point quelconque de la cible, s'applique à la cible tout entière (car *toucher la cible* = *atteindre un point de la cible*). Ces faits suffisent pour éclairer sur le tout, et démontrer que le principe de la limite n'en serait réduit à rien moins, pour se sauver, qu'à supprimer d'office, si cela était possible dans la répu-

Cependant, comme toutes mes conclusions sont appuyées, non sur des affirmations, mais sur des faits objectifs qu'il s'agit d'expliquer, qui parlent assez d'eux-mêmes et qui constituent la véritable force de mes arguments, il n'est pas plus permis qu'il n'est possible de les éluder par des échappatoires, et il sera toujours trop évident qu'ils sont plus forts que ceux qu'ils intimident ou embarrassent.

Ces faits, qui fourmillent dans les sciences d'application de l'analyse, devraient rendre perspicaces ceux qui ont une expérience suffisante dans l'art de communiquer les idées, et notamment celle de la gêne qui se manifeste quand, appuyé sur la seule idée de la limite par le zéro, on aborde les sciences d'application. Les faits les plus élémentaires y deviennent, par le conflit avec le sens commun, incompréhensibles ou absurdes, le mieux est encore une fois d'en éviter l'interprétation (*), et c'est sans aucune exagération qu'on peut prouver et maintenir, comme je l'ai fait dans *Newton et le principe de la limite*, et comme je le montre de nouveau dans ce travail par

blique des sciences, les problèmes qui l'embarrassent, ce dont elle n'est redevable qu'à sa propre absurdité mathématique.

Un autre exemple d'ordre classique que j'ai cité dans *Réclamation de priorité...*; sur *l'infiniment petit absolu*, est celui tout à fait fondamental de la rotation d'un corps en mécanique, question que je crois avoir ramenée à une décomposition cinématique élémentaire nouvelle, simple et claire. J'ai pu y établir que *grâce au principe de la limite, la Terre elle-même ne pourrait plus tourner autour de son axe*. On n'a rien pu objecter à cette conclusion; c'est encore là un problème classique capital qu'il est interdit à la théorie de la limite d'aborder de face.

(*) La théorie de la limite se pique de rigueur, et, par un singulier renversement, c'est justement dans cette théorie de la limite qu'on doit admettre sans explication des choses que l'on ne comprend pas.

l'étude de la tangente, que dans la théorie des limites la géométrie n'a pas plus de sens que la mécanique (*).

Cette gêne, qui se manifeste partout à raison de ce conflit avec le sens commun, et qui est, je le répète, un fait d'expérience, a une raison bien simple, mais très grave; c'est qu'en réalité un exposé de l'analyse, fondé sur la limite par le zéro, est vicié dès ses prémisses par une erreur qui porte ensuite partout ses effets et qu'on retrouve dans toutes ses conséquences; or, cette erreur, qui peut échapper dans le domaine d'une simple spéculation analytique trop superficielle, devient criante et se manifeste d'elle-même dès qu'on passe dans la région nette des faits concrets. Ceux-ci la dénoncent et deviennent contre elle autant de témoins. Il ne faut donc plus seulement dire que le *principe de la limite* est insuffisant et présente des cas en défaut, il faut reconnaître qu'il est *toujours essentiellement faux, pris en lui-même*; et, avec toute la déférence qu'imposent les opinions divergentes de géomètres distingués, mais avec toute la liberté que commande la hauteur du sujet, affirmer qu'il n'est, dans le sens scientifique du terme, rien moins qu'une *absurdité mathématique*, celle qui consiste à raisonner sur le zéro, c'est-à-dire sur le néant, comme sur une grandeur existante. Mes contradicteurs prétendront peut-être, d'ailleurs sans autre explication, que je ne comprends pas bien leur principe de la limite; je leur demanderai alors, puisqu'ils sont sûrs d'eux-mêmes, d'aborder publiquement le débat et mes questions.

M. Mansion déclare qu'il ne répondra pas à M. La-

(*) On l'a vu surabondamment aussi pour les probabilités.

grange, parce qu'il a exposé tout au long ses idées sur l'analyse infinitésimale dans le Résumé de son Cours de l'Université de Gand publié en 1887.

Sur la diminution de densité qu'éprouvent certains corps à la suite d'une forte compression et sur la raison probable de ce phénomène; par W. Spring, membre de l'Académie.

On a généralement admis que la compression diminue, dans une certaine mesure, le volume spécifique des corps solides. Si, dans beaucoup de cas, ce fait peut trouver sa raison d'être dans l'existence de *vides* qui se combleraient, ou dans la présence de gaz qui seraient expulsés par la pression, c'est-à-dire dans des circonstances accidentelles, il n'en est pas moins vrai que l'on a regardé souvent la compression, particulièrement les actions mécaniques du martelage ou du passage à la filière, comme de nature à modifier, d'une manière permanente, les propriétés physiques des métaux. En un mot, la *densité* d'un corps n'a pas toujours été regardée comme une grandeur constante à une température donnée.

Comme suite à des recherches entreprises pour connaître l'effet de fortes pressions sur les corps solides en général, je m'étais demandé, il y a déjà longtemps (1), dans quelle mesure on pouvait augmenter la densité d'un corps. J'ai donc soumis à des pressions pouvant atteindre

(1) *Sur l'élasticité parfaite des corps solides chimiquement définis.* (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, 3^e sér., t. VI, n° 11, 1883.)

20,000 atmosphères et durant un temps plus ou moins long, diverses substances, métaux ou sels.

J'ai constaté que la compression ne provoquait, en somme, qu'une faible diminution permanente de volume, due, bien certainement, aux vides ou aux *craquelures* existant dans la matière soumise à l'expérience et qui se fermaient par la pression. Une fois cette diminution permanente de volume atteinte, le corps n'en subissait plus que de passagères. Il se condensait pendant l'exercice de la pression, mais il revenait exactement à son volume primitif sitôt que la pression venait à cesser. Il se comportait donc comme un corps gazeux, sous ce rapport, et l'on pouvait dire que l'élasticité des solides, dans le cas où ceux-ci se trouvaient soumis à une compression *hydrostatique*, c'est-à-dire égale dans tous les sens, était aussi parfaite que celle des gaz; comme pour ces derniers, la densité ne dépendait, à égalité de pression, que de la température.

Toutefois, j'avais constaté que pour quatre substances, savoir : le *plomb*, le *zinc*, le *sulfate d'ammonium* et l'*alun d'ammonium*, la densité, au lieu d'augmenter à la suite de la première compression, ou d'une compression subséquente, avait diminué, dans une certaine mesure, faible, il est vrai, mais plus grande cependant que les erreurs possibles d'observation. Par exemple, le sulfate d'ammonium avait passé de la densité 1,775 à 1,750 et le plomb de 11,501 à 11,492. Les différences de ces nombres : 0,025 et 0,009, dépassent l'erreur possible des déterminations, car celle-ci était comprise entre 0,001 et 0,002, dans les conditions du travail.

Je n'ai pas pu m'expliquer alors ce résultat aussi paradoxal qu'inattendu, mais j'ai cru devoir néanmoins faire connaître les nombres obtenus et laisser à l'avenir

le soin de décider si ces *irrégularités* dans la densité des corps avaient de l'importance, ou si elles étaient dues à un accident.

Aujourd'hui, mes observations ne sont plus isolées : les *variations anormales de la densité* paraissent être un fait général dont la théorie de l'état solide de la matière devra nécessairement tenir compte.

M. le Professeur G. Kahlbaum, à Bâle, a déterminé, il y a quelques années, la chaleur spécifique et la densité des métaux qu'il avait purifiés par la distillation dans le vide, en vue de contrôler l'exactitude des constantes physiques généralement admises aujourd'hui.

Pour éliminer les erreurs pouvant provenir de la présence de bulles ou de solutions de continuité dans les métaux distillés, il les comprima jusqu'à 150,000 kilogrammes par centimètre carré, dans un milieu liquide (huile de ricin), afin de réaliser une pression bien hydrostatique. Il constata que la densité des métaux augmentait d'abord avec la pression jusqu'à ce que celle-ci fût arrivée à environ 10,000 atmosphères et qu'elle diminuait ensuite dans une mesure dépassant les limites des erreurs d'observation.

La relation de ces faits extraordinaires eut lieu au Congrès des Naturalistes allemands, à Hambourg, en 1901 (1). Quelques mois plus tard, M. le Professeur Kahlbaum a exposé ses résultats d'une manière plus complète, dans une conférence qu'il a faite à Fribourg (Suisse) la même année (2). Il a établi, là, que des *irrégularités* dans les densités des corps, du genre de celles

(1) *Phys. Zeitschrift*, 13 octobre 1901, p. 32.

(2) *Abhandlungen der naturforschenden Gesellschaft in Basel*, Bd XV, S. 21.

qui nous occupent, avaient déjà été constatées, avant les miennes, par exemple, par Henri Rose qui avait trouvé que la frappe de l'argent augmentait le volume de ce métal au lieu de le diminuer; mais, ajoute très justement M. Kahlbaum, ces *irrégularités* n'ont attiré, jusqu'ici, l'attention de personne, parce qu'elles n'étaient que des cas particuliers et non, comme dans ses propres expériences à l'aide des métaux distillés, un phénomène général. Le mérite de la découverte de la dilatation des corps par la pression appartient donc à M. Kahlbaum.

Mais si l'on doit regarder aujourd'hui comme établi que les corps *se dilatent*, dans certaines conditions, pendant leur *compression*, il reste néanmoins plus d'un point à élucider avant que l'on puisse regarder le phénomène comme bien connu.

Dans un entretien que j'ai eu le plaisir et l'honneur d'avoir avec M. Kahlbaum, nous nous sommes entendus pour poursuivre l'étude de ces phénomènes.

Je désire faire connaître aujourd'hui quelques observations nouvelles complétant celles que nous possédons déjà.

*
* * *

Dans les expériences de M. Kahlbaum, comme dans les miennes, les corps s'étaient déformés sous l'action de la pression; les uns s'étaient courbés, d'autres s'étaient raccourcis, tous portaient les marques d'une altération profonde de leur forme.

Cela étant, on peut se demander si la cause de la diminution de la densité ne doit pas être cherchée dans le fait même de la *déformation*. Il est certain, théoriquement du moins, qu'un corps plastique absolument

homogène, mais de forme quelconque, doit devenir sphérique s'il est soumis à une pression hydrostatique suffisamment élevée. Or, pendant sa déformation, ce corps aura fonctionné comme s'il avait été partiellement liquide, et il n'est pas impossible qu'il ait pris alors, en partie au moins, la formation moléculaire ou particulière correspondant à l'état liquide, c'est-à-dire un arrangement moléculaire dans lequel le frottement intérieur soit plus petit.

En d'autres termes, il n'est pas impossible qu'un corps paraissant à l'état solide, renferme encore une certaine proportion de sa substance dans un état de *pseudo-fusion* dont l'extrême viscosité à basse température ne permettrait pas de la distinguer, immédiatement, de l'état solide vrai.

L'expérience peut nous renseigner sur ce point.

En effet, si la variation de la densité d'un corps pendant sa compression est vraiment le symptôme auquel on peut reconnaître qu'il a fonctionné comme un corps liquide, il faut que cette variation se traduise par une *diminution de la densité* dans tous les cas où le corps est moins dense à l'état liquide qu'à l'état solide et, au contraire, qu'elle se traduise par une *augmentation de la densité* dans le cas opposé. Le premier cas est le cas général; mais nous possédons un cas utilisable où le corps est plus dense à l'état liquide qu'à l'état solide : c'est celui du *bismuth*. On sait en effet, d'après Marks (1), que la solidification de ce métal est accompagnée d'une dilatation de $\frac{1}{35}$ du volume du métal fondu.

(1) *Berzelius Jahresbericht*, t. XI, p. 134.

Il faudra donc, si notre raisonnement est juste, que le bismuth qui aura *flué* sous pression, accuse une densité plus grande, tandis que d'autres métaux, tels l'étain, le plomb, le cadmium, l'argent, se dilatent dans ces conditions.

Pour remplir ce programme d'expériences, j'ai façonné des fils de divers métaux en comprimant ceux-ci dans un cylindre dont le fond était percé d'une ouverture. Le diamètre du cylindre était de 8 millimètres et celui de l'ouverture de 2 millimètres.

Ces fils étaient donc formés de métaux *ayant flué*, à froid, dans une large mesure. Ils se distinguaient d'ailleurs, au premier examen, des échantillons obtenus par fusion. Le bismuth surtout était remarquable : il n'avait plus la fragilité ni l'aigreur du métal coulé; il était flexible presque au même degré que l'étain. Avec un fil de 50 centimètres de long, j'ai pu faire un nœud sans provoquer de rupture. Toutefois, le métal n'admet pas de flexions répétées; après la première ou la deuxième flexion, surtout si le pli est prononcé, il a repris toute sa fragilité. Cette manière d'être particulière du fil de bismuth pressé donne certainement à penser que le métal a changé d'état physique pendant qu'il fluait par l'orifice du cylindre.

Les fils des autres métaux étaient aussi plus flexibles, plus mous, que s'ils avaient été obtenus par fusion, mais à un degré moins évident. Il n'est pas à croire que la chaleur ait joué un rôle pendant la formation de ces fils, parce que la pression a été donnée lentement, en faisant manœuvrer une vis. Au surplus, s'il y avait eu un échauffement local, la chaleur aurait eu tout le temps de se perdre par conductibilité dans la masse métallique

énorme du compresseur (1). Il me paraît que l'on doit regarder ces fils de métaux comme ayant été produits par un *écoulement à froid* du métal et comme étant donc des cas prononcés de déformation intérieure.

*
* * *

Il s'agit, à présent, de vérifier si la matière de ces fils pressés est vraiment dans un état physique particulier. Il suffit de s'assurer, pour cela, si un métal qui a flué à froid, renferme plus ou moins d'énergie que s'il a cristallisé librement.

Il est clair que les *méthodes thermochimiques* ne peuvent être d'aucun usage dans le cas présent, parce que leur précision n'est pas assez grande. Il en est autrement de la *méthode électrochimique*, qui est d'une sensibilité exquise.

On sait en quoi consiste cette méthode. Si on plonge dans une électrolyte deux fils d'un même métal et que l'on ferme le circuit extérieurement à l'électrolyte, après avoir intercalé un galvanoscope sensible, on ne constate aucun courant de certaine durée si les deux fils sont *identiques*; mais si l'un d'eux est dans un état moléculaire différent, il s'établit un courant *durable* dont le sens est donné par ce que le fil qui renferme le plus d'énergie devient anode (il se dissout), tandis que l'autre devient cathode.

(1) On se rappelle sans doute que j'ai déjà montré, théoriquement et pratiquement, que quand la compression d'un corps se fait sans *à coup*, il ne se produit pas d'élévation de température sensible. J'ai comprimé de la poudre à tirer à plus de 10,000 atm. sans en provoquer la combustion. (*Bull. de la Soc. chim. de Paris*, t. XII, p. 488, 1884.)

J'ai donc coupé en deux les fils que j'avais préparés. L'une des moitiés a été réservée et l'autre moitié a été *recuite* dans une étuve à une température un peu inférieure au point de fusion, pour lui permettre de reprendre son état normal. La question de savoir si le retour à cet état normal a été complet, oui ou non, reste ouverte ; cela n'a d'ailleurs pas grande importance, puisqu'il s'agit plutôt de la constatation d'un fait que de sa mesure. Quoi qu'il en soit, je dirai que les fils recuits différaient, d'une manière évidente, des fragments réservés. Leur surface avait perdu son poli et on pouvait constater, à la loupe, surtout avec l'étain et le bismuth, une certaine texture cristalline qui faisait défaut d'abord. Le fil de bismuth était, au reste, devenu d'une grande fragilité.

J'ai préparé alors les électrolytes destinées à chacun des couples de fils. C'étaient des solutions de chlorures ou de nitrates, selon les cas, ainsi qu'on le verra dans le tableau suivant. En vue de mesurer la force électromotrice développée dans chaque métal, j'ai fait usage de la méthode bien connue de Poggendorff.

Pour chaque métal, je me suis assuré d'abord qu'en plongeant dans l'électrolyte des électrodes formées exclusivement à l'aide de *fils flués* ou de *fils recuits*, il ne se produisait pas de courant, si ce n'est au moment de l'immersion des électrodes. L'électrolyte était, naturellement, dans un thermostat. La température était de 20°.

En faisant alors des couples à l'aide d'une électrode de *fil flué* et une autre de *fil recuit*, j'ai obtenu, chaque fois, un courant caractérisé par sa constance, durant parfois toute une journée. Le tableau suivant montre le *voltage* observé dans ces essais.

ÉLECTRODES fluées.	ÉLECTROLYTES.	ÉLECTRODES recuites.	VOLTS.
1. Étain.	SnCl_2	Étain	0,00041
2. Plomb.	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	Plomb	0,00012
3. Cadmium . . .	CdCl_2	Cadmium.	0,00020
4. Argent.	AgNO_3	Argent	0,00098
5. Bismuth. . . .	$\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 + \frac{1}{2} \text{HNO}_3$	Bismuth.	0,00385

Ce tableau prouve qu'il y a vraiment une différence d'énergie entre les électrodes fluées et recuites. Le voltage n'est pas grand, il est vrai ; toutefois, il est intéressant de remarquer qu'il est moins faible pour l'argent et le bismuth, qui sont aussi les métaux qui accusent, déjà à la simple inspection, la plus grande différence dans la comparaison d'un fil flué avec un fil normal. Mais la grandeur du voltage n'a qu'une importance secondaire dans l'examen qui nous occupe : c'est le *sens du courant* qui doit surtout fixer notre attention.

Avec les quatre premiers métaux, l'*électrode fluée* a toujours été *anode* (elle se dissolvait), tandis que l'*électrode recuite* a été *cathode*. Avec le bismuth, au contraire, le courant a marché en sens inverse : l'électrode fluée était *cathode* et l'autre *anode*.

Il résulte nécessairement de là que le bismuth *flué* a, relativement au métal normal, une autre formation moléculaire que les quatre premiers métaux. Si nous disons que, chez ceux-ci, le métal qui a flué, a fixé plus d'énergie, nous devons attribuer le contraire au bismuth. Or les quatre premiers métaux se dilatent quand ils fondent, tandis que le bismuth se contracte alors, ainsi que nous

l'avons rappelé plus haut. Les changements constatés dans l'énergie des métaux qui ont flué sont donc dans le même ordre que les changements de volume qui accompagnent la fusion et l'on peut probablement conclure des uns aux autres. Il est bien entendu, toutefois, que l'énergie fixée ou perdue par les métaux qui ont flué à la température ordinaire, n'est pas nécessairement en relation simple avec la chaleur latente de fusion que l'on mesure à température plus élevée.

*
* * *

Afin de contrôle, j'ai varié les conditions de ces expériences.

Des tiges *coulées*, recuites et brillantes, d'étain ont été exposées à l'action d'une solution d'acide chlorhydrique faible jusqu'à apparition des figures de corrosion; nous dirons, pour abrégé, jusqu'à ce qu'elles fussent *damassées*.

Plongées alors dans l'électrolyte SnCl_2aq , elles n'ont permis de constater aucun courant, ce qui démontrait leur homogénéité.

L'une des tiges a été retirée alors de l'électrolyte, séchée, raclée, pour enlever le *damas*, et brunie à l'aide d'une agate. Replacée dans l'électrolyte, elle a développé un courant de 0,00015 volt, l'étain bruni étant *anode*.

Les conditions ont ensuite été renversées : la tige damassée a été raclée et brunie, tandis que celle qui avait été brunie a été damassée. Le courant s'est renversé, et, vingt-quatre heures après, la situation était encore la même. Les choses ont été renversées une troisième fois avec le même succès.

Ces expériences ont été répétées aussi avec des tiges de

plomb et des tiges de cadmium; elles ont donné les mêmes résultats. Il est à noter que le voltage était beaucoup plus élevé dans le cas du cadmium et qu'il suffisait de frotter une tige de cadmium damassé avec du papier de verre pour qu'elle devînt anode. Toutefois, les expériences à l'aide du plomb et du cadmium sont plus délicates, à cause de la facilité avec laquelle ces métaux s'oxydent à l'air.

Enfin, au lieu d'employer des tiges coulées de ces métaux, j'ai fait usage de *rubans* formés par laminage à froid. Les résultats ont concordé avec les précédents. Quand on plonge deux rubans laminés d'un même métal dans une électrolyte, il n'y a pas de courant, si ce n'est dans l'instant de l'immersion. Mais si, après avoir traité l'un des rubans par un acide jusqu'à apparition du *damas* et l'avoir lavé parfaitement, on le plonge dans l'électrolyte, on constate qu'il est devenu cathode, tandis que l'autre ruban est anode.

Ces faits convergent tous vers le même point, savoir : qu'un métal qui a subi une déformation à froid, par la compression ou le laminage, renferme plus ou moins d'énergie moléculaire *dans les parties qui ont flué*; celles-ci se dissolvent généralement plus vite dans les acides, ou dans les électrolytes, que les autres.

*
* *
*

Voyons, à présent, dans quel rapport se trouvent ces faits avec la densité des métaux.

M. Kahlbaum a déjà prouvé que le cuivre, le plomb, le cadmium, le zinc, l'antimoine, l'or et l'argent se *dilatent* quand ils sont comprimés au delà d'une certaine limite comprise entre 10,000 et 20,000 atmosphères.

Comme le bismuth et l'étain ne se trouvent pas parmi les métaux dont s'est occupé M. Kahlbaum, j'ai déterminé leur densité avant et après leur *flux* sous pression. Il était surtout de grand intérêt de connaître la densité du bismuth, puisqu'il fait exception à la règle de dilatation suivie par les autres métaux au moment de la fusion. Comme complément, j'ai déterminé aussi la densité de mes échantillons de plomb et d'argent.

Les résultats sont réunis dans le tableau suivant. Ils se rapportent à la *densité brute*, à la température de 16°.

MÉTAUX.	Densité du métal flué.	Densité du métal laminé.	Densité du métal recuit.	Différences.
Plomb . . .	11,3351	11,3348	11,3410	- 0,0059 à - 0,0062
Étain. . . .	7,3014	7,3016	7,3137 (1)	- 0,0126 à - 0,0121
Cadmium .	8,6558	8,6603	8,6633	- 0,0075 à - 0,0030
Argent . . .	10,2485	10,2531	10,2696	- 0,0211 à - 0,0165
Bismuth . .	9,8522	—	9,8354	+ 0,0168

(1) Les fils d'étain recuits *crient* quand on les plie, tandis que les fils flués ne donnent rien à entendre.

On le voit, la déformation des métaux par des actions mécaniques produit un changement dans leur densité de même signe que celui qui est provoqué par la fusion.

A l'appui de ce fait, je signalerai que J.-S. Stas, dont les travaux ont été regardés, à juste titre, comme des modèles de rigueur et d'exactitude, nous apprend (1) que la densité de l'argent est sujette à des variations notables, suivant le traitement auquel il a été soumis. De l'argent pur, privé de gaz et laminé, avait une densité de 10,48752 à 0° et, après recuit, sa densité était devenue 10,49454. Un autre échantillon, qui avait la densité 10,49272 après laminage, a donné 10,54615 après avoir été chauffé dans le vide. L'augmentation de la densité a donc été de 0,00702 et 0,05341, c'est-à-dire bien supérieure aux erreurs possibles.

Plus récemment, M. L. Grunmach (2) a déterminé la densité d'une barre d'acier Siemens-Martin qui avait été soumise à une traction jusqu'à déformation permanente. Il a constaté que les sections de cette barre qui ne s'étaient pas déformées avaient gardé leur densité première, tandis que la section déformée était devenue spécifiquement plus légère; la différence est :

$$7,835 - 7,795 = 0,040$$

et

$$7,833 - 7,783 = 0,050.$$

(1) *De l'argent*. OEuvre posthume. (MÉM. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, t. XLIX, 1892.)

(2) *Ann. der Phys. u. Chemie*, Neue Folge, t. LXVII, p. 227, 1899.

Conclusions.

Il résulte de l'ensemble des faits qui font l'objet de cette note, conjointement avec ceux qui ont déjà été mentionnés dans mon étude *Sur l'élasticité parfaite des corps solides chimiquement définis* (1), que la compression ne diminue le volume d'un corps solide que si celui-ci ne peut pas *fluer*, c'est-à-dire changer d'état moléculaire. Pour réaliser cette condition, il faudrait soumettre une sphère parfaite d'un solide entièrement homogène à une compression hydrostatique. Alors seulement on pourrait faire prendre au corps donné sa densité maxima caractéristique et démontrer l'élasticité parfaite de la matière.

Si, au contraire, une déformation du solide est possible, intérieurement ou extérieurement, la densité, loin d'augmenter sous l'action de la pression, pourra diminuer chez les corps qui se dilatent quand ils fondent, tandis que, autant que l'on en peut juger par le cas encore isolé, il est vrai, du bismuth, la densité augmente chez les corps qui se contractent pendant la fusion.

Si l'on cherche à concevoir comment ces variations de densité peuvent se produire, on est amené à penser que l'état solide vrai doit être dû à une formation ou à une structure moléculaire incompatible avec des déformations sensibles ou avec un déplacement latéral notable des molécules; ce serait, dans la plupart des cas, l'état de condensation maximum de la matière et partant l'état renfermant le moins d'énergie disponible, c'est-à-dire l'état de plus grande stabilité.

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3^e sér., t. VI, n^o 11, 1883.

Si un effort mécanique s'exerce sur ce *solide vrai* et s'il dépasse la résistance que celui-ci peut lui opposer, la déformation forcée sera subordonnée à un changement de structure intérieure. Devant fluer ou s'écouler, la matière prendrait l'état répondant le plus complètement à la mobilité requise : les corps moins denses à l'état liquide se dilatant alors, malgré la compression, et les corps plus denses à l'état liquide se contractant.

Dans cet ordre d'idées, un corps passant pour être dans l'*état solide*, dans les conditions ordinaires de la pratique, ne serait pas nécessairement une masse homogène; il serait formé, sans doute, encore de particules à l'état solide vrai, mais celles-ci se trouveraient comme prises dans un réseau de matière ayant les qualités d'un corps liquide, en première ligne : la *faculté de fluer*.

La structure cristalline d'un métal devra donc nécessairement disparaître dans une certaine mesure par les déformations mécaniques. C'est bien ce qu'on observe chez les métaux, par exemple chez le bismuth, l'étain, le zinc, etc. (voir plus haut), quand on les travaille au marteau, au laminoir, ou par la pression (emboutissage, estampage). Mais on devra admettre aussi que la faculté de prendre une structure répondant à l'état liquide proprement dit se trouvera à des degrés divers dans des corps différents; il pourra même en exister qui n'auront pas, ou presque pas, cette faculté. Ceux-là ne pourraient donc pas se déformer, à froid, par l'action seule de la pression, sans se briser en un nombre plus ou moins grand de fragments. L'*aigreur* de certains métaux pourrait être due à cette circonstance. Plus généralement, la plasticité de la matière sous pression, telle que je

l'ai constatée, il y a déjà longtemps (1), serait en relation directe avec sa faculté de prendre une *formation intérieure fluide* sous l'action de la pression.

Mais l'état liquide de la matière ne se caractérise pas seulement par la propriété de fluer; il se manifeste aussi par la facilité avec laquelle se rétablit la cohésion quand son exercice a été suspendu; par exemple par la facilité avec laquelle se soudent et se confondent les gouttes, ou les parties d'un même liquide, au simple contact. Il m'est permis de rappeler, à ce propos, les recherches que j'ai faites sur la soudure des corps par la pression et de dire que j'ai constaté, en effet, que le résultat a été chaque fois d'autant plus complet que la matière pouvait mieux fluer sous pression. Les corps vraiment aigres, tels que le quartz, le carbone, etc., ne se sont jamais soudés quand j'ai comprimé leur poudre, même sous des pressions extraordinaires.

Je ne m'étendrai pas davantage, pour le moment, sur les conséquences que l'on peut déduire des considérations et des faits précédents; je ne montrerai pas non plus combien les phénomènes de *diffusion des solides sous pression*, ainsi que les *réactions chimiques* provoquées entre eux dans les mêmes conditions, trouvent à présent une explication commode; je me bornerai, pour terminer, à dire que je me propose de poursuivre ces recherches sur certains corps cristallisés transparents, afin de déterminer dans la mesure du possible, par les moyens optiques dont

(1) *Recherches sur la propriété que possèdent les corps de se souder sous l'action de la pression.* (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, t. XLIX, p. 323.)

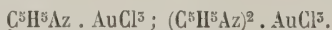
nous disposons aujourd'hui, jusqu'à quel point la déformation produite par la compression modifie l'état cristallin ou cristallisé de la matière. L'importance que ces questions peuvent avoir pour l'étude des phénomènes qui accompagnent la *flexion* des corps, particulièrement des métaux, ainsi que pour l'étude de la *résistance mécanique* des métaux, dans des conditions variées de température et de pression, ainsi que de leur *stabilité moléculaire*, en justifie un examen aussi complet que possible.

Liège. Institut de chimie générale.
Novembre 1903.

—

Sur les sels d'or des bases pyridiques; par le Dr W. Oechsner de Coninck, professeur à l'Université de Montpellier.

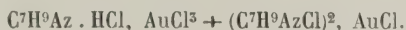
Dans une note publiée aux *Comptes rendus* de l'Académie des sciences de Paris (*), M. Maurice François décrit un sel dérivant, par perte d'HCl, du chloraurate de pyridine, sous l'action de l'eau, et une combinaison de pyridine avec le chlorure d'or. Voici les formules de ces deux composés :



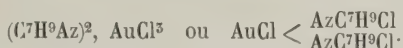
Je demande à l'Académie royale la permission de rappeler qu'en 1880, c'est-à-dire il y a vingt-trois ans, j'ai décrit deux combinaisons analogues formées avec le chloraurate de β -lutidine (dérivée de la cinchonine). J'ai

(*) Tome CXXXVI, p. 1557.

montré, en outre, qu'il se forme un *sel double*, provenant de la combinaison du chloraurate normal avec le chloraurate ayant perdu HCl, sel auquel l'analyse a assigné la formule



Le second sel que j'ai obtenu s'est révélé comme une combinaison de β -lutidine et de chlorure d'or :



Enfin, outre le chloraurate normal, j'ai obtenu un *sesquisel*



Tous ces sels sont mentionnés dans le *Bulletin de la Société chimique de Paris* (*). J'ai eu soin de faire remarquer, dans mon mémoire, que les nouveaux sels d'or de β -lutidine correspondaient aux sels de platine découverts et décrits par Anderson. Ce qui s'est passé pour le chloraurate de β -lutidine devait se passer pour les chloraurates des autres bases pyridiques.

Je prie l'Académie royale de vouloir bien réserver bon accueil à ces quelques remarques, d'autant plus que d'autres Académies refusent d'insérer des réclamations du genre de celle-ci.

(*) 1880, t. XXXIV, pp. 195 et 634-635.

Expériences nouvelles relatives à l'arc électrique et au phénomène de Duddel; par Eug. Lagrange.

I.

Le but de cette note est de faire connaître quelques phénomènes, nouveaux pensons-nous, que l'on peut produire à l'aide de l'arc électrique à électrodes de charbons, ou bien relatifs au phénomène de Duddel, dont ils constituent un nouveau mode de production en même temps qu'une amplification.

On sait en quoi consiste le phénomène découvert par M. W. Duddel (1), phénomène que l'on désigne aussi sous le nom d'arc chantant ou sifflant.

Constituons un circuit fermé (fig. 1) dans lequel soit intercalée une batterie d'accumulateurs (110 volts), ou à son défaut, une machine génératrice quelconque à courant continu; sur ce circuit, plaçons un régulateur électrique à main, dont les charbons aient un fort diamètre (9 à 10 millimètres par exemple), et, en outre, un rhéostat de valeur convenable; pour obtenir un arc bien stable, cette dernière condition est indispensable. Ensuite plaçons en dérivation sur les deux charbons de l'arc lui-

(1) W. DUDDÉL, *Sur les variations rapides du courant dans l'arc continu*. (Communication à l'Association des ingénieurs-électriciens de Londres, décembre 1900.) — *Éclairage électrique*, t. XXVII, n° 23, p. 378. Voir aussi un article intitulé : *Physique*, par le P. LUCAS. (REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, octobre 1902.)

même un nouveau circuit constitué par un condensateur de grande capacité (5 à 6 microfarads) et une bobine à noyau de fer possédant cette inertie électro-magnétique que l'on appelle *self-induction*.

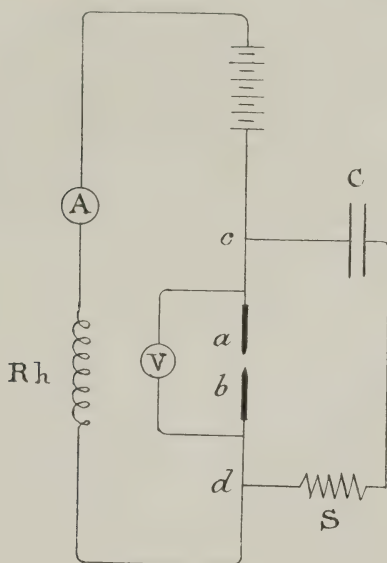


FIG. 1.

Fermons tout d'abord le premier circuit, le second n'étant pas mis encore en relation avec les deux charbons électrodes de l'arc. Ce dernier s'établit, et au bout de quelques instants, le phénomène électrique et lumineux atteint un état stable; on dit, en employant d'ailleurs une expression impropre, que l'arc *brûle* sans bruit. L'ampèremètre intercalé sur le circuit accuse par exemple 6 ampères, le voltmètre aux bornes de l'arc 45 volts.

A ce moment, faisons communiquer le second circuit (il contient un condensateur et constitue donc un circuit ouvert) avec les deux charbons. L'arc se met à chanter ou plutôt à siffler, en émettant un son continu ; en général, la hauteur du son est très élevée.

L'interprétation du phénomène n'a pas encore été donnée d'une manière bien précise au point de vue théorique, et l'on n'a, en quelque sorte, exposé que des conjectures plus ou moins plausibles à cet égard. Celle qu'a donnée récemment le P. Lucas (1) me paraît satisfaire tout au moins aux éléments du problème. Le distingué physicien pense que la mise en communication du circuit contenant le condensateur avec les bornes de l'arc éteint celui-ci pendant un temps très court, si la capacité du condensateur est suffisante. Le condensateur joue ici le rôle d'un réservoir qui tend à se remplir et abaisse momentanément la différence de potentiel (la différence de niveau) aux deux électrodes en charbon ; mais le phénomène a une durée assez courte pour que le rétablissement de l'arc puisse se produire, le milieu aérien situé entre les charbons n'ayant pas encore eu le temps de se refroidir. L'arc se forme donc à nouveau et le condensateur se décharge. Dans des conditions convenables, lorsque les valeurs respectives de la résistance de la *self-induction* et de la capacité du circuit formé par l'arc et le condensateur satisfont à l'équation de Thomson, cette décharge est alternative et, tout comme le courant induit qui se superpose au courant principal dans l'expé-

(1) Le P. LUCAS, S. J., *Physique. Arc microphone, arc chantant.* (REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, octobre 1902.)

rience du Prof^r Simon (1), fait chanter l'arc. La moyenne fréquence des oscillations engendre un mouvement vibratoire que l'oreille peut apprécier et dont la hauteur est en général considérable.

Le P. Lucas, en donnant cette interprétation, l'appuie sur le fait expérimental suivant : il est possible d'interrompre et de rétablir à la main un arc continu d'une manière assez rapide pour que le nouveau contact des charbons ne soit pas nécessaire pour obtenir à nouveau le phénomène. Il signale en outre, à ce sujet, la différence qui subsiste entre les arcs entre charbons et ceux formés d'électrodes métalliques.

II.

Nous nous sommes demandé s'il était possible d'alimenter un arc au charbon obtenu à l'aide d'une source génératrice à force électromotrice constante, telle qu'une batterie d'accumulateurs, en y intercalant un interrupteur et rétablisseur de courant automatique. Nous avons pris comme sujet d'étude l'interrupteur de Wehnelt, possédant comme électrolyte l'acide sulfurique dilué, et nous avons constitué un circuit comme suit (fig. 2) : une batterie d'accumulateurs (110 volts), une résistance variable, l'interrupteur de Wehnelt et, enfin, une bobine à noyau de fer. Ce dernier élément est absolument indis-

(1) *Phénomènes acoustiques dans l'arc électrique.* (WIEDEMANN'S ANNALEN, 1898 t. LXIV, pp. 233-239). — *Éclairage électrique*, 1898, t. XV, p. 69.

pensable au fonctionnement de l'interrupteur Wehnelt lui-même, mais, comme nous pensons le faire voir, il joue également un rôle dans le rétablissement de l'arc.

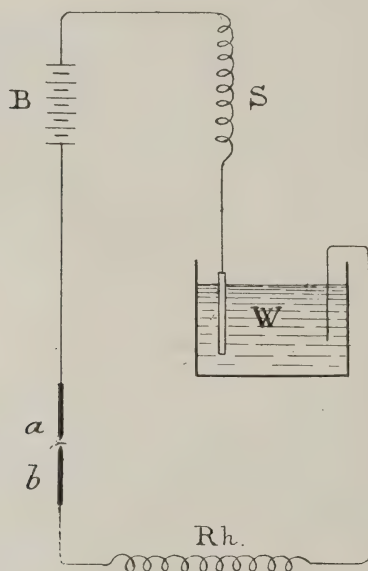


FIG. 2.

L'expérience montre en effet que l'intercalation de l'interrupteur de Wehnelt dans le circuit n'empêche nullement le phénomène de l'arc de subsister. Il faut, bien entendu, commencer par amener au contact les deux charbons *a* et *b*, puis les écarter, à l'aide du régulateur à main, à la distance convenable. Si l'arc subsiste, il n'en est pas moins modifié, et l'œil comme l'oreille en sont tous deux avertis; l'oreille perçoit une succession de chocs sonores qui accompagnent les interruptions et les rétablissements du courant qui se produisent par le fait de

l'interrupteur lui-même. On peut s'en assurer aisément en faisant varier progressivement, pour une même distance entre les charbons électrodes, la quantité dont la tige de platine de l'interrupteur Wehnelt plonge dans le liquide électrolytique ; plus la longueur plongée augmente, plus le nombre d'interruptions par seconde est faible, et la répercussion s'en fait sentir dans l'arc lui-même.

On peut encore, en augmentant la longueur de l'arc sans modifier l'interrupteur lui-même, diminuer progressivement le nombre des interruptions qui se produisent à ce dernier et qui trouvent en quelque sorte leur écho dans l'arc. Si l'oreille est affectée, l'œil l'est d'ailleurs également, et les variations d'intensité lumineuse produisent un vacillement de l'arc très fatigant pour l'œil.

Ces variations pourraient d'ailleurs être aisément utilisées, pour une communication optique à grande distance, à l'aide de l'emploi du récepteur au sélénium de G. Bell, et d'un interrupteur convenable dans le circuit d'émission ; mais c'est là un point que nous ne voulons que signaler en passant.

L'interprétation du phénomène du maintien de l'arc placé sur un circuit contenant une source à force électromotrice constante et un interrupteur de Wehnelt peut se donner aisément.

Nous admettrons, comme nous l'avons autrefois signalé à propos d'une *Étude sur un phénomène lumineux et calorifique* (1), que la formation d'une gaine gazeuse au

(1) E. LAGRANGE et P. HOHO, *Étude sur un phénomène lumineux et calorifique produit par le courant électrique dans les liquides*. (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, 3^e sér., t. XXII, 1891.)

contact de la petite électrode en platine est la cause de l'interruption du courant par l'interrupteur (1); lorsque cette gaine devient trop épaisse, la force électromotrice de la source n'est plus suffisante pour en vaincre la résistance et le courant est interrompu; la force électromotrice de *self-induction* tend d'ailleurs à augmenter la durée de la décharge partielle; le contact avec le liquide se rétablissant, le phénomène se reproduit lui-même périodiquement. La bobine de *self-induction*, comme semblent l'indiquer les études auxquelles a donné lieu le phénomène, paraît jouer un rôle double : elle régulariserait les phases de l'interruption et en même temps augmenterait la différence de potentiel sous laquelle la gaine lumineuse se produit.

Dans le phénomène que nous étudions ici, dans le rétablissement de l'arc, il nous paraît que c'est le second de ces effets qui est en jeu. Grâce à la grande *self-induction* du circuit, le courant tend à se maintenir plus longtemps, puisque l'énergie électromagnétique que possède la bobine est rendue au moment de la rupture. La durée effective de la rupture de l'arc est donc diminuée et, comme dans le cas de l'expérience citée plus haut par le P. Lucas, le refroidissement de l'intervalle d'air est notablement diminué. L'arc peut donc se rétablir aisément, comme l'indique l'expérience. On peut même, en

(1) Cette manière de voir a été entièrement confirmée par les travaux du Prof^r Simon et des savants qui se sont occupés de la théorie de l'interrupteur de Wehnelt, qui n'est en somme qu'une forme du phénomène précité. Voir, à ce sujet, dans l'*Éclairage électrique*, t. XXI, n° 46, p. 250, le mémoire de M. LAMOTTE, *Interrupteurs de Wehnelt et de Caldwell*.

augmentant convenablement l'écart entre les deux charbons, obtenir simplement cinq à six interruptions par seconde. Ajoutons enfin, ce qui était facile à prévoir, que le phénomène se produit d'autant plus aisément que l'arc fonctionne sous une différence de potentiel plus considérable et avec un courant plus intense.

Au cours de ces expériences, nous avons eu l'occasion de chercher à déterminer le nombre d'interruptions que donne par seconde l'interrupteur Wehnelt. Nous avons songé à employer, pour le déterminer, un procédé plus aisé que celui utilisé par M. le Prof^r Simon (1), et nous nous sommes servi d'un *fréquencemètre* intercalé dans le circuit. Cet appareil simple nous a donné les meilleurs résultats; nous nous sommes servi d'un *fréquencemètre acoustique* construit par Nalder et Hilton. Les fréquences enregistrées ont varié de 100 à 250 par seconde.

III.

Puisqu'il est possible de maintenir l'arc sur un circuit à force électromotrice constante interrompu d'une manière périodique, il est à prévoir que le phénomène de Duddel s'y produira également. Pour le vérifier, nous avons conservé le circuit de l'interrupteur Wehnelt précédemment décrit (fig. 5), $S_2WI_2Rh_2$, en constituant un nouveau circuit placé en dérivation entre les deux bornes de l'arc, comme l'expérience de Duddel que nous avons décrite en premier lieu, I_3CS_3 . Enfin, afin de pouvoir effectuer

(1) *Wiedemann's Annalen*, t. LXVIII, pp. 273-293; et *Éclairage électrique*, 1899, t. XX, p. 398.

une comparaison plus rationnelle entre les deux modes de production du phénomène, nous avons intercalé en dérivation sur le circuit principal SWI_2Rh_2 , entre l'extrémité de la bobine S_2 et l'ampèremètre A , un rhéostat variable Rh_1 et un interrupteur I_1 .

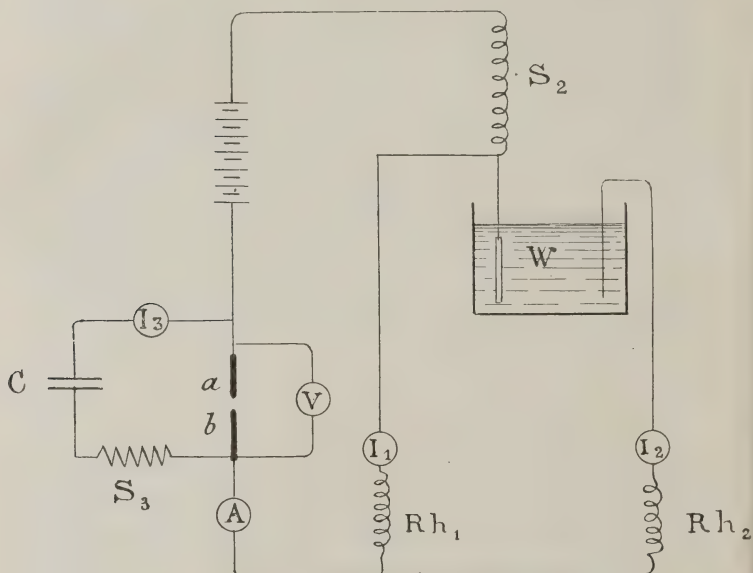


FIG. 3.

Cette disposition nous permettait d'obtenir à volonté l'un ou l'autre des deux dispositifs, tout en maintenant aux bornes de l'arc ab , dans les deux cas, la même différence de potentiel, mesurée par le voltmètre V , et en conservant au courant la même intensité que mesure l'ampèremètre A .

Ouvrons les circuits I_2 et I_3 et fermons I_1 ; mettons les

charbons *a* et *b* au contact; écartons-les ensuite; l'arc est amorcé. Nous lui donnons une longueur convenable (elle est d'ailleurs toujours faible et il y a grand avantage à se servir d'un régulateur possédant un mouvement de rapprochement ou d'écartement des charbons, à vis micrométrique), nous mesurons l'intensité du courant en *A*, la différence de potentiel en *V*.

Si nous fermons maintenant l'interrupteur I_3 , nous répétons l'expérience ordinaire de Duddel avec courant continu. On entend un sifflement continu également, correspondant, comme nous l'avons dit, en général à un son très aigu.

Ouvrons de nouveau I_3 et I_1 , fermons I_2 et reformons l'arc sur le circuit de l'interrupteur Wehnelt dans les mêmes conditions que précédemment, c'est-à-dire de manière à obtenir la même différence de potentiel *V* et la même intensité de courant *A*. Le phénomène se produisait très bien, dans les conditions où nous nous sommes placé, sous une différence de potentiel de 60 volts, avec une intensité de 10 ampères.

Si nous fermons enfin l'interrupteur I_3 , le sifflement caractéristique dû à la décharge alternative se fait entendre, mais dans des conditions de forme et d'intensité fort différentes des précédentes.

Tout d'abord, ces sifflements subissent des intermittences rapprochées, mais qui les font ressembler, grâce aux petites variations de tonalité qu'ils subissent dans l'ensemble d'un moment à l'autre, au chant d'un oiseau et notamment à celui du canari vulgaire; dans le phénomène de Duddel ordinaire, ils se présentent comme un phénomène continu; on se rend bien compte de cette circonstance, si l'on songe que le nombre des interrup-

tions par seconde dans le circuit comprenant l'interrupteur de Wehnelt est relativement faible, de 125 à 150 par seconde environ, dans nos expériences, alors qu'il est beaucoup plus considérable dans le cas du circuit ordinaire. Le jeu de l'interrupteur détermine visiblement les interruptions principales, qui correspondent aux instants d'arrêt du phénomène acoustique. Il faut donc admettre que le mouvement vibratoire produit par la décharge alternative du condensateur tend à se maintenir assez longtemps dans l'intervalle de deux interruptions consécutives à l'interrupteur lui-même.

Mais ce qui caractérise plus nettement encore le phénomène actuel, c'est la grande intensité que prend le phénomène acoustique ; alors que, dans le premier cas, on n'entendait qu'un sifflement continu et relativement doux à l'oreille, pourvu que la hauteur n'en devienne pas trop grande (auquel cas il se produit une réelle sensation de douleur), dans le cas actuel, les sifflements acquièrent une énergie considérable, qui permet de les entendre de fort loin. Il y a donc là une véritable transformation dans le phénomène électrique qui leur donne naissance ; cette transformation, nous devons nécessairement l'attribuer à l'emploi de l'interrupteur Wehnelt, qui rend plus nettes et plus brusques les interruptions du courant. L'interrupteur, en d'autres termes, remplit probablement ici la fonction que le condensateur en dérivation remplissait seul tantôt, mais la décharge alternative semble se produire pendant l'interruption du circuit principal, ses effets peuvent donc être plus énergiques. C'est là du moins l'interprétation que nous croyons pouvoir hasarder pour l'instant, en attendant une étude plus approfondie du phénomène.

Nous avons pensé que dans l'état actuel de leur étude, ces phénomènes méritaient cependant d'être signalés. Nous sommes d'autant plus porté à le faire, qu'au point de vue des applications à la télégraphie sans fil, ils semblent se présenter favorablement.

C'est là un point sur lequel, nous l'espérons, l'Académie nous permettra de revenir prochainement.

Du mode d'action de l'acide sur la sécrétion biliaire;
par C. Fleig.

Une communication récente du Dr Falloise sur l'*Action de l'acide chlorhydrique introduit dans l'intestin sur la sécrétion biliaire* (1) et dont je viens de prendre connaissance, il y a quelques jours, m'amène à présenter dès aujourd'hui à l'Académie les résultats de recherches sur le même sujet, dont la publication avait été différée en vue de faire partie d'un travail d'ensemble beaucoup plus vaste.

L'action excitante des acides sur l'écoulement de la bile n'est point d'acquisition récente. Claude Bernard (2), le premier, observa que si l'on dépose une goutte d'acide à l'embouchure du canal cholédoque, on voit immédiatement un flot de bile lancé dans l'intestin. Kütke (3),

(1) *Eull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), n° 8, p. 757, 1903.

(2) *Leçons de physiologie expérimentale*, 1856, p. 429.

(3) *Studien des Physiologischen Instituts zu Amsterdam*, 1861.

quelques années plus tard, signale le même fait. Après lui, Rutherford (1) indique à nouveau l'action cholagogue des injections acides dans le duodénum.

Bruno (2), contrairement à ces divers auteurs, trouve que l'acide n'est pas un excitant de l'écoulement biliaire, mais ce résultat divergent s'explique sans doute par une différence dans les méthodes d'étude : Bruno se servait pour ses expériences d'un chien porteur d'une fistule biliaire faite d'après le procédé de Pavlow, c'est-à-dire par abouchement à la paroi abdominale d'un petit lambeau de muqueuse entourant l'orifice du canal cholédoque; or, un défaut de cette méthode n'est-il pas de supprimer une partie des connexions nerveuses du sphincter d'Oddi, et, dans ces conditions, ne s'explique-t-on pas très bien qu'un excitant de l'écoulement de la bile qui aurait besoin, pour manifester son action, de l'intégrité des voies nerveuses du foie, reste parfaitement inefficace? De quelque façon que l'on puisse interpréter le résultat négatif de Bruno, l'action excitante de l'acide sur le foie n'est pas à mettre en doute, et récemment divers auteurs ont encore attiré l'attention sur elle : vers la fin de l'année dernière, Falloise (3) publie certaines expériences où l'injection d'acide chlorhydrique dans le duodénum a augmenté du double la sécrétion biliaire; enfin, cette année même, à la Société de biologie, Wert-

(1) *Transactions of the Royal Society of Edimburg*, t. XXIX, 1880, p. 191.

(2) *Archives des sciences biologiques de Saint-Petersbourg*, 1899, t. VII, p. 87, et Thèse inaugurale de Saint-Petersbourg, 1898.

(3) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), n° 12 (décembre), 1902, p. 945.

heimer (1) communique des résultats semblables obtenus par Ch. Dubois dans son laboratoire, il y a quelques années, et Enriquez et Hallion (2) rapportent les mêmes faits.

Dans le mécanisme de l'accélération de l'écoulement de la bile par introduction d'acide dans l'intestin, il y a lieu d'examiner la possibilité d'une action par absorption, d'un réflexe ou d'un processus humoral.

Il est facile d'éliminer l'intervention d'un mécanisme par absorption : les mêmes raisons sur lesquelles on s'appuie pour réfuter la présence d'un tel mécanisme dans le cas de l'action de l'acide sur la sécrétion pancréatique conservent ici toute leur valeur.

Quant au mode d'action réflexe, j'ai déjà montré dans un travail antérieur (3) qu'il intervient dans l'action des injections acides intra-intestinales sur la sécrétion biliaire et je n'y reviendrai point ici.

Il y a donc lieu maintenant d'examiner dans ses détails le mécanisme humoral dont l'existence est certaine. V. Henri et P. Portier (4) et surtout Bayliss et Starling (5) ont fait connaître l'action excitante de la macération acide de duodéno-jéjunum sur la sécrétion biliaire. Cette action est constante, des plus nettes et facile à vérifier. J'ai observé qu'elle a son équivalent à l'état physiologique : l'injection de sang veineux d'une anse intestinale contenant de l'acide permet de s'en rendre compte.

(1) *Comptes rendus de la Société de biologie*, 28 février 1903, p. 286.

(2) *Idem*, 14 février 1903, p. 233.

(3) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1903, p. 701.

(4) *Comptes rendus de la Société de biologie*, 6 juin 1902, p. 620.

(5) *The mechanism of pancreatic secretion*. (JOURNAL OF PHYSIOLOGY, XXVIII, 12 septembre 1902.)

Expérience. — Chien de 15 kilogrammes, chloralosé à 0^{gr},08 par kilogramme. Fil sur l'extrémité supérieure du jéjunum, au niveau de la racine du mésentère. Section de l'intestin au thermocautère 50 centimètres environ au-dessous de ce point. Fixation d'une canule sur le bout supérieur et ligature du bout inférieur. Ligature du fil placé sur l'extrémité supérieure du jéjunum, section de l'intestin juste au-dessous de la ligature et fixation d'une canule sur le bout inférieur. On dissèque une veine de l'anse ainsi isolée et l'on y introduit une canule bien vaselinée.

On introduit dans l'anse 50 centimètres cubes d'une solution d'acide chlorhydrique à 0.5 % à 58° et l'on recueille le sang veineux de l'anse dans un verre à parois mouillées d'oxalate de soude.

Au bout de trente minutes, il s'est écoulé environ 100 centimètres cubes de sang, qu'on injecte dans la saphène d'un chien de 7 kilogrammes chloralosé ayant une canule dans le cholédoque et le canal cystique lié. L'écoulement de la bile est augmenté du double (fig. 1).

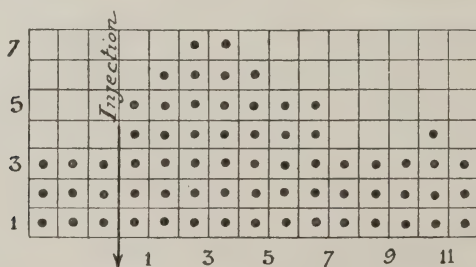


FIG. 1. — Le temps est porté en minutes sur l'horizontale; le nombre de gouttes, sur la verticale. Dans toutes les figures, la flèche marque le moment de l'injection.

Mais cette action humorale est-elle due à la même

sécrétine qui agit sur le pancréas ou à une crinine (1) spéciale au foie? C'est là pour le moment une question irrésolue et qui ne m'a donné aucun résultat. C'est en vain que j'ai essayé de traiter la macération acide de muqueuse duodéno-jéjunale par divers réactifs dans le but de dissocier ses deux effets sécrétoires, d'en laisser persister un alors que l'autre serait supprimé. Quoi qu'il en soit, qu'il s'agisse de l'oxycrinine pancréatique ou d'une substance crinogène à effet spécifique sur le foie, si l'on analyse le mode d'action de la crinine biliaire, on arrive à conclure qu'il paraît le même que celui de la sécrétine sur le pancréas.

Au point de vue du mécanisme de l'action de cette crinine, on pourrait tout d'abord se demander s'il n'est pas de nature vaso-motrice. Bayliss et Starling (2) ont montré qu'en plus de sa propriété sécrétoire, la macération acide de duodéno-jéjunum possède aussi celle de faire baisser fortement la pression sanguine, et l'on pourrait alors vouloir attribuer la sécrétion, tout comme la chute de pression, à une vaso-dilatation générale splanchnique. Cette interprétation n'est pas admissible, car

(1) J'ai donné le nom de *crinine* ou *substance crinogène* (du radical $\kappa\rho\upsilon\varsigma$... marquant l'idée de sécrétion) à toute substance qui formée au niveau d'un organe, est transportée par l'intermédiaire du sang de cet organe à une glande dont elle excitera la sécrétion. La *sapocrinine*, par exemple, est la crinine qui est formée par les savons alcalins au niveau de la muqueuse duodéno-jéjunale et se déverse dans le sang pour aller exciter la sécrétion du pancréas; l'*éthylocrinine* est de même une crinine formée au contact de l'alcool et de la muqueuse intestinale, et qui jouit vis-à-vis du pancréas de la même propriété que la sécrétine ou oxycrinine (ὀξύς, acide). Le terme de crinine simplifie et facilite beaucoup le langage. (Voir *Comptes rendus de la Société de biologie*, 24 octobre 1903.)

(2) *Loc. cit.*, p. 335.

on peut obtenir une macération acide de duodéno-jéjunum active sur le foie et dépourvue de toute substance dépressive ou, inversement, une macération acide capable de faire baisser la pression et sans aucune activité sécrétoire.

D'ailleurs, la baisse de pression ne paraît pas se produire à l'état physiologique, car elle est très peu appréciable ou le plus souvent nulle à la suite de l'injection d'acide dans le duodénum. On ne peut donc établir aucune relation entre elle et la sécrétion.

On sait d'un autre côté que les extraits d'organes sont des lymphagogues assez puissants, et en particulier l'action lymphagogue de la macération acide de duodéno-jéjunum a été constatée par Falloise (1) et celle de l'injection d'acide par Asher et Busch (2). On peut alors se demander s'il n'y a pas de relation de cause à effet entre l'augmentation de la lymphe et l'action sécrétoire de la crinine biliaire. Il n'en est point cependant ainsi, car, comme l'ont montré les recherches de Falloise, il est facile de dissocier dans la macération acide l'effet lymphagogue et l'effet sécrétoire : cet auteur a démontré, d'une part, que l'extrait acide de la dernière portion de l'iléon est lymphagogue, et nous connaissons son inefficacité vis-à-vis de la sécrétion biliaire et, d'autre part, que l'extrait acide de duodéno-jéjunum traité préalablement par l'alcool conserve sa propriété sécrétoire et perd tout pouvoir lymphagogue. En outre, il n'a pas obtenu d'augmentation du débit de la lymphe par injection d'acide dans le duodénum, contrairement à Asher et Busch;

(1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des sciences), n° 12, 1902.

(2) *Eigenschaften und Entstehung der Lymphe*. (ZEITSCHRIFT FÜR BIOLOGIE, XLIII, p. 333, 1900.)

tique a semblé activer l'écoulement de la bile : il tombe en moyenne trois à quatre gouttes par minute. Même injection que précédemment.

La figure 5 représente l'accélération sécrétoire consécutive.

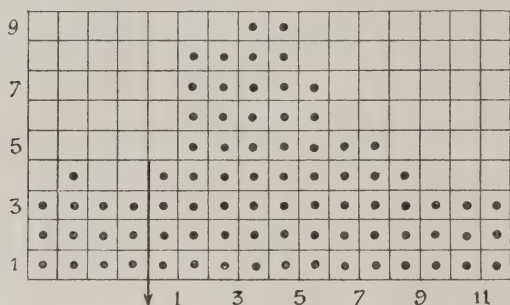


FIG. 3.

Au sujet du lieu de l'action de la crinine sur le foie, j'ai été amené à penser qu'il se trouve dans le foie lui-même et que la sécrétion provoquée par cette substance peut se produire après la destruction des connexions de cet organe avec les centres nerveux extrahépatiques. Cette opinion est fondée sur le fait que plus l'injection de sécrétine est faite près du foie, plus l'augmentation de la sécrétion biliaire est considérable.

Expérience. — Chien de 14 kilogrammes, chloralosé. Canule dans le canal cholédoque. Ligature du canal cystique. Il s'écoule environ quatre gouttes de bile par minute.

Injection de 5 centimètres cubes de sécrétine dans la saphène.

La figure 4 représente l'accélération sécrétoire consécutive.

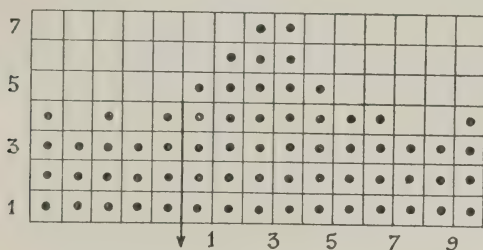


FIG. 4.

Même injection dans une branche de la veine porte.

La figure 5 représente l'accélération sécrétoire consécutive.

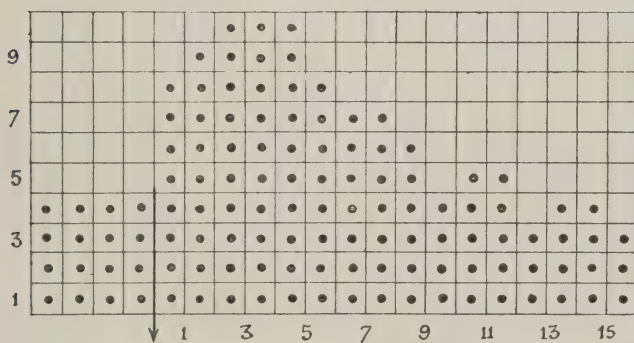


FIG. 5.

Même injection dans l'artère hépatique.

La figure 6 représente l'accélération sécrétoire consécutive.

Ainsi, à tous les points de vue, la macération acide de

muqueuse duodéno-jéjunale se comporte de la même façon vis-à-vis du foie et vis-à-vis du pancréas. L'inefficacité sur le foie des macérations acides d'iléon ou d'estomac ou des injections acides dans les parties inférieures de l'intestin grêle et dans l'estomac, rend l'analogie des deux processus humoraux plus complète encore.

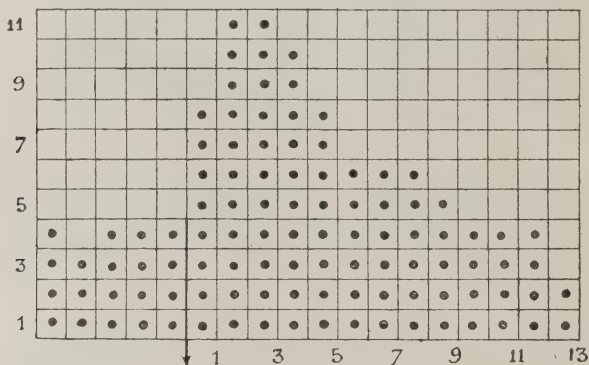


FIG. 6.

L'acide du suc gastrique n'est pas le seul qui soit capable d'exciter la sécrétion biliaire : les acides sulfurique, azotique, acétique, oxalique et d'autres encore, introduits dans le duodénum à une faible concentration, se sont montrés doués vis-à-vis du foie de la même propriété que l'acide chlorhydrique ; de même des macérations de muqueuse duodéno-jéjunale faites avec ces acides ont manifesté une action stimulante sur la sécrétion biliaire.

Expérience. — Chien de 11 kilogrammes, chloralosé. Canule dans le cholédoque. Ligature du canal cystique.

La figure 7 représente l'accélération sécrétoire consé-

cutive à l'injection de 7 centimètres cubes d'une macération de muqueuse duodéno-jéjunale dans de l'acide sulfurique à 5 ‰.

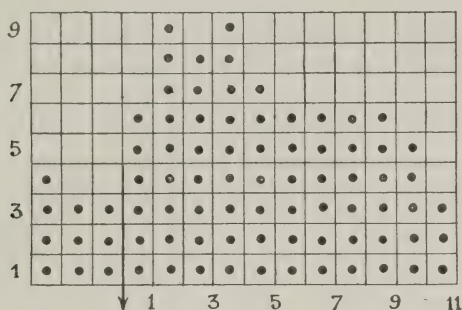


FIG. 7.

Expérience. — Chien de 17 kilogrammes, chloralosé. Canule dans le cholédoque. Ligature du canal cystique.

On isole une anse jéjunale entre deux ligatures, on la lave à l'eau salée et l'on y injecte 20 centimètres cubes d'une solution d' AzO^3H à 4 ‰.

La figure 8 représente l'accélération sécrétoire consécutive

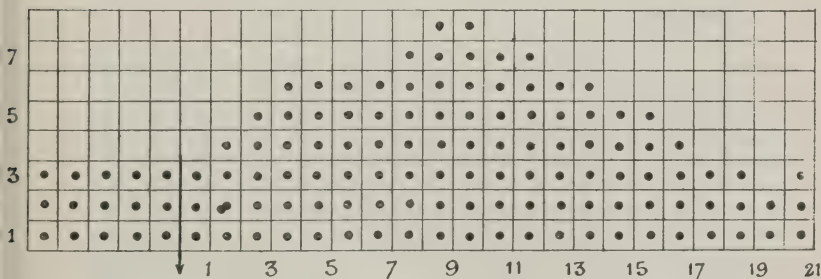


FIG. 8.

CONCLUSIONS.

a) L'accélération biliaire consécutive à l'introduction d'acide dans le duodéno-jéjunum n'est pas due à l'absorption de l'acide;

b) Elle relève à la fois d'un mécanisme humoral et d'un mécanisme réflexe;

c) Le mécanisme humoral se produit à l'état physiologique, car on peut retrouver la crinine biliaire dans le sang d'animaux dont le duodéno-jéjunum contient de l'acide;

d) L'action de la crinine biliaire n'est ni de nature vaso-motrice, ni lymphagogue, ni excrétoire, mais bien sécrétoire;

e) L'acidité, et non l'acide chlorhydrique seul, est un excitant de la sécrétion biliaire.

(Travail du laboratoire de physiologie de la Faculté de médecine de Montpellier.)

Contribution à l'étude de la sécrétion biliaire : action du chloral; par le Dr A. Falloise, assistant à l'Université de Liège.

I.

Les recherches de Wertheimer et Lepage (1) et de Popielski (2) ont établi que certaines substances introduites dans le duodénum ou dans la première portion du

(1) WERTHEIMER et LEPAGE, *Sur l'association réflexe du pancréas avec l'intestin grêle*. (JOURN. DE PHYSIOL. ET DE PATHOL. GÉNÉRALE, 1904, p. 689.)

(2) POPIELSKI, *Ueber das peripherische reflectorische Nervencentrum des Pankreas*. (PFLÜGER'S ARCHIV, Bd LXXXVI, S. 215.)

jéjunum provoquent presque immédiatement après leur introduction une abondante sécrétion de suc pancréatique. Il en est notamment ainsi de l'acide chlorhydrique et de l'hydrate de chloral.

Les auteurs précités admettaient qu'il s'agissait là d'un mécanisme réflexe dont les centres se trouvaient dans les ganglions nerveux intrapancréatiques. Mais Bayliss et Starling (1), en traitant *in vitro* la muqueuse de l'intestin grêle par de l'acide chlorhydrique, obtinrent une solution dont l'injection dans les veines est suivie d'une abondante sécrétion de suc pancréatique. Ils en conclurent que la sécrétion pancréatique qui succède à l'introduction d'acide chlorhydrique dans l'intestin n'est pas due à un mécanisme réflexe, mais à la formation dans la muqueuse intestinale d'une substance qu'ils appelèrent *sécrétine* et qui, amenée au foie par voie sanguine, en provoque la sécrétion.

Cette opinion des auteurs anglais ne fut pas admise par tout le monde : Popielski (2) notamment la rejette absolument; Wertheimer (3) et Fleig (4) admettent que

(1) BAYLISS und STARLING, *Centralbl. f. Physiol.*, 1902, S. 632.

(2) POPIELSKI, *Ueber dem Charakter der Function des Pankreas unter dem Einflusse der Einfuhrung von Salzsäure in das Duodenum.* (CENTRALBL. F. PHYSIOL., Bd XVI, S. 303.)

(3) WERTHEIMER, *Sur le mode d'association du pancréas avec l'intestin.* (COMPTES RENDUS DE LA SOC. DE BIOL., 1902, p. 474.)

(4) FLEIG, *Zur Wirkung des Secretins und der Säure auf die Absonderung von Pankreassaft bei Einfuhrung von Säure in den Dündarm.* (CENTRALBL. F. PHYSIOL., Bd XVI, Nr 24.)

le mécanisme d'action de l'acide chlorhydrique sur la sécrétion pancréatique est double, à la fois réflexe et humoral.

En étudiant l'action de l'acide chlorhydrique introduit dans le duodénum, nous avons constaté que cet acide avait sur la sécrétion biliaire exactement la même influence que sur la sécrétion pancréatique (1), et nous pûmes démontrer, par des expériences d'anse intestinale énervée et de transfusion de sang, que l'action cholagogue de l'acide chlorhydrique introduit dans le duodénum était due à un mécanisme humoral (2). Du reste, on savait, par les recherches de Henri et Portier (5), Bayliss et Starling (4), et les nôtres, que la sécrétine, préparée *in vitro* et exempte d'albumoses et de sels biliaires, injectée dans une veine, augmentait la sécrétion biliaire. Il était dès lors établi qu'une substance chimique se formant dans la muqueuse intestinale au contact de l'acide provoquait une accélération remarquable et simultanée de la sécrétion de la bile et du suc pancréatique.

(1) A. FALLOISE, *Le travail des glandes et la formation de la lymphe. Contribution à l'étude de la sécrétine*. (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE [Classe des sciences], 1902, p. 945.)

(2) A. FALLOISE, *Action de l'acide chlorhydrique introduit dans l'intestin sur la sécrétion biliaire*. (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE [Classe des sciences], 1903, p. 757.)

(3) VICTOR HENRI et PORTIER, *Action de la sécrétine sur la sécrétion de la bile* (COMPTES RENDUS DE LA SOC. DE BIOL., 1902, p. 620.)

(4) BAYLISS and STARLING, *The mechanism of pancreatic secretion*. (JOURNAL OF PHYSIOLOGY, t. XXVII, p. 326.)

Fleig (1), étudiant à son tour l'action de l'acide chlorhydrique dans l'intestin, établissait, en détournant le sang veineux d'une anse intestinale, qu'un mécanisme réflexe intervenait aussi pour provoquer la sécrétion des deux glandes.

Ainsi donc, aussi bien par voie réflexe que par voie humorale, le même excitant, l'acide chlorhydrique, exagère le fonctionnement du foie et du pancréas. Il existe, au point de vue de la sécrétion, entre ces deux glandes, dont les conduits excréteurs s'abouchent dans l'intestin au voisinage l'un de l'autre, dont les produits de sécrétion interviennent dans la digestion au même moment et se renforcent mutuellement, un parallélisme remarquable.

Comme nous l'avons dit plus haut, Wertheimer et Lepage ont démontré que le chloral introduit dans le duodénum ou la première portion du jéjunum provoque une abondante sécrétion de suc pancréatique. Tout comme l'acide chlorhydrique, il agit après une période latente de deux à trois minutes et son action persiste pendant trente minutes environ. Ces auteurs admettaient qu'il s'agissait là d'un mécanisme réflexe. Plus tard, les expériences de Bayliss et Starling concernant l'acide chlorhydrique leur firent admettre qu'il pourrait s'agir peut-être d'un mécanisme humoral.

(1) FLEIG, *Augmentation réflexe de la sécrétion biliaire par introduction d'acide dans le duodéno-jéjunum*. (COMPTES RENDUS DE L'ACAD. DES SCIENCES, 1903, p. 701.)

Il était intéressant de rechercher si le chloral introduit dans l'intestin aurait sur la sécrétion biliaire la même action que celle qu'il exerce sur la sécrétion pancréatique, si le parallélisme de sécrétion des deux glandes s'observerait après le chloral comme il s'observe après l'injection d'acide chlorhydrique, et enfin, dans l'affirmative, d'étudier le mécanisme de cette action.

II.

Nos expériences ont porté sur de grands chiens, de 15 à 25 kilogrammes, à jeun depuis vingt-quatre heures et anesthésiés par la morphine et le chloroforme. Un manomètre à mercure est placé dans la carotide; l'abdomen est ouvert au thermocautère le long de la ligne blanche; une ligature ferme le pylore pour empêcher la pénétration du contenu stomacal dans l'intestin grêle; une autre ligature est placée sur le col de la vésicule biliaire; enfin, des canules sont introduites dans le canal cholédoque et dans le canal pancréatique. La bile est reçue dans de petits cylindres gradués divisés en dixièmes de centimètre cube et changés toutes les cinq minutes. Dans certaines expériences, on comptait en même temps les gouttes de bile qui tombaient par minute. Le suc pancréatique est compté en gouttes.

Si, à des chiens ainsi préparés, on injecte dans le duodénum une solution d'hydrate de chloral au cinquième ou au dixième, à une dose correspondant à 5 à 5 centigrammes d'hydrate de chloral par kilogramme d'animal, on observe après une période latente de deux

à trois minutes une abondante sécrétion de suc pancréatique qui atteint son maximum au bout de cinq à dix minutes et dure une trentaine de minutes environ, ainsi que l'ont signalé Wertheimer et Lepage.

Mais, en même temps que se produit cette action sur le pancréas, on constate, du côté de la sécrétion biliaire, une augmentation remarquablement importante, et tout d'abord parallèle à celle de la sécrétion pancréatique : même période latente de deux à trois minutes, maximum entre la cinquième et la dixième minute ; mais, tandis que l'accélération de la sécrétion pancréatique diminue bientôt, pour cesser complètement vers la trentième minute après l'injection, il n'en est plus du tout de même de l'accélération de la sécrétion biliaire. Celle-ci persiste, tantôt sans diminuer, tantôt en diminuant légèrement, présente parfois un second maximum vers la trentième ou la quarantième minute après l'injection, se maintient ainsi jusque une heure à une heure et demie, puis diminue très lentement, la sécrétion biliaire ne revenant au taux normal que deux heures et demie à trois heures après l'injection.

La pression sanguine subit, après l'injection de chloral, une légère chute se produisant en une dizaine de minutes, puis elle remonte lentement pour revenir au niveau primitif ou un peu en dessous de ce niveau, trente minutes environ après l'injection. Cette chute est due à la pénétration dans le sang de l'hydrate de chloral dont l'action vaso-dilatatrice est bien connue.

Voici, à titre d'exemple, le protocole d'une expérience de ce genre :

EXPÉRIENCE I. *Août 1905.* — Chien de 20 kilogrammes. A jeun depuis vingt quatre heures. Anesthésié par la morphine et le chloroforme. Manomètre dans la carotide. Ligatures du pylore et de la vésicule biliaire. Canules dans le canal cholédoque et le canal pancréatique.

TEMPS.	Débit de la bile de 5 en 5 minutes en centimètres cubes.	Débit du suc pancréatique de 5 en 5 minutes en gouttes.
9 ^h 50 à 9 ^h 55	0,50	—
9 55 à 10 00	0,40	4
10 00 à 10 05	0,45	—
10 05 à 10 10	0,45	4
à 10 ^h 10, injection de 6 centimètres cubes d'une solution d'hydrate de chloral au dixième dans le duodénum (3 centigrammes par kilogramme).		
10 ^h 10 à 10 ^h 15	0,70	15
10 15 à 10 20	1,20	30
10 20 à 10 25	1,10	10
10 25 à 10 30	1,15	5
10 30 à 10 35	1,10	3
10 35 à 10 40	1,30	4
10 40 à 10 45	1,30	—
10 45 à 10 50	1,30	4

TEMPS.	Débit de la bile de 5 en 5 minutes en centimètres cubes.	Débit du suc pancréatique de 5 en 5 minutes en gouttes.
10 ^h 50 à 10 ^h 55	1,20	—
10 55 à 11 00	1,30	1
11 00 à 11 05	1,20	—
11 05 à 11 10	0,90	1
11 10 à 11 15	1,20	—
11 15 à 11 20	1,40	1
11 20 à 11 25	1,0	—
11 25 à 11 30	0,80	1
11 30 à 11 35	0,90	1
11 35 à 11 40	0,90	—
11 40 à 11 45	0,90	—
11 45 à 11 50	0,80	1
11 50 à 11 55	0,70	—
11 55 à 12 00	0,70	1
12 00 à 12 05	0,80	—
12 05 à 12 10	0,75	1
12 10 à 12 15	0,60	—
12 15 à 12 20	0,70	—
12 20 à 12 25	0,50	1
12 25 à 12 30	0,50	—

Nous avons répété un grand nombre de fois ces injections de chloral dans le duodénum, toujours avec un résultat identique. Aussi jugeons-nous inutile de reproduire ici tous ces protocoles d'expériences.

Si, au lieu d'introduire la solution de chloral dans le duodénum, on l'injecte dans la première portion du jéjunum, une ligature étant placée à l'origine du jéjunum, au niveau de la racine du mésentère, on obtient exactement les mêmes résultats.

Mais il n'en est plus de même si la solution est introduite dans la dernière portion de l'iléon, ou dans le côlon, ou dans la cavité pleurale. Du côté de la pression sanguine, on observe toujours la même chute lente et peu importante, suivie d'un relèvement progressif, due à la pénétration du chloral dans le sang. Mais la sécrétion pancréatique n'est pas influencée, elle ne subit aucune accélération.

Quant à la sécrétion biliaire, elle n'est pas modifiée pendant les quinze à vingt minutes qui suivent l'injection, puis elle se met à augmenter rapidement, atteint son maximum généralement trente à quarante minutes après l'injection, se maintient élevée jusque une heure à une heure et demie après l'injection, puis diminue très lentement, pour revenir à la normale au bout de trois heures environ.

Nous nous bornerons à donner deux protocoles d'expériences, le premier, après injection du chloral dans le côlon, le second, après injection dans la cavité pleurale. Dans l'une et l'autre, on a introduit, après ces injections, une solution de chloral dans le duodénum pour s'assurer que le pancréas était en état de réagir.

EXPÉRIENCE II. Août 1903. — Chien de 15 kilogrammes. A jeun depuis vingt-quatre heures. Anesthésié par la morphine et le chloroforme. Manomètre dans la carotide. Ligatures sur le cæcum, le pylore et le col de la vésicule biliaire. Canules dans le canal cholédoque et le canal pancréatique.

TEMPS.	Débit de la bile de 5 en 5 minutes en centimètres cubes.	Débit du suc pancréatique de 5 en 5 minutes en gouttes.
9 ^h 10 à 9 ^h 15	0,35	—
9 15 à 9 20	0,25	1
9 20 à 9 25	0,30	—
9 25 à 9 30	0,25	—
9 30 à 9 35	0,25	1
à 9 ^h 35, injection de 5 centimètres cubes d'une solution d'hydrate de chloral au dixième dans le côlon ascendant.		
9 ^h 35 à 9 ^h 40	0,30	—
9 40 à 9 45	0,25	1
9 45 à 9 50	0,60	—
9 50 à 9 55	0,60	—
9 55 à 10 00	0,70	1
10 00 à 10 05	0,80	—
10 05 à 10 10	0,90	—
10 10 à 10 15	0,90	—
10 15 à 10 20	0,80	1
10 20 à 10 25	0,90	—

TEMPS.	Débit de la bile de 5 en 5 minutes en centimètres cubes.	Débit du suc pancréatique de 5 en 5 minutes en gouttes.
10 ^h 25 à 10 ^h 30	0,80	—
10 35 à 10 40	0,80	1
10 40 à 10 45	0,75	—
10 45 à 10 50	0,80	—
10 50 à 10 55	0,70	—
10 55 à 11 00	0,70	1
11 00 à 11 05	0,60	—
11 05 à 11 10	0,60	1
11 10 à 11 15	0,65	—
11 15 à 11 20	0,50	—
11 20 à 11 25	0,50	1
11 25 à 11 30	0,55	—
11 30 à 11 35	0,50	1
11 35 à 11 40	0,50	—
11 40 à 11 45	0,55	1
11 45 à 11 50	0,50	—
11 50 à 11 55	0,45	—
11 55 à 12 00	0,50	—
12 00 à 12 05	0,40	1
12 05 à 12 10	0,45	—
12 10 à 12 15	0,40	—
12 15 à 12 20	0,45	1
12 20 à 12 25	0,40	—
12 25 à 12 30	0,35	—
12 30 à 12 35	0,40	—
12 35 à 12 40	0,30	1

TEMPS.	Débit de la bile de 5 en 5 minutes en centimètres cubes.	Débit du suc pancréatique de 5 en 5 minutes en gouttes.
à 12 ^h 40, injection de 5 centimètres cubes d'une solution d'hydrate de chloral au dixième dans le duodénum.		
12 ^h 40 à 12 ^h 45	0,80	13
12 45 à 12 50	1,20	27
12 50 à 12 55	1,15	15
12 55 à 1 00	1,15	8

EXPÉRIENCE III. Août 1905. — Chien de 27 kilogrammes. A jeun depuis vingt-quatre heures. Anesthésié par la morphine et le chloroforme. Manomètre dans la carotide. Ligatures du pylore et du col de la vésicule biliaire. Canules dans le canal cholédoque et le canal pancréatique.

TEMPS.	Débit de la bile de 5 en 5 minutes en centimètres cubes.	Débit du suc pancréatique de 5 en 5 minutes en gouttes.
10 ^h 50 à 10 ^h 55	0,70	—
10 55 à 11 00	0,50	—
11 00 à 11 05	0,60	4
11 05 à 11 10	0,50	—
à 11 ^h 40, injection de 6 centimètres cubes d'une solution de chloral au dixième dans la cavité pleurale droite.		
11 ^h 40 à 11 ^h 45	0,50	—
11 45 à 11 20	0,45	—
11 20 à 11 25	0,30	—
11 25 à 11 30	0,80	—
11 30 à 11 35	0,75	4

TEMPS.	Débit de la bile de 5 en 5 minutes en centimètres cubes.	Débit du suc pancréatique de 5 en 5 minutes en gouttes.
11 ^h 35 à 11 ^h 40	0,75	—
11 40 à 11 45	1,20	—
11 45 à 11 50	1,00	—
11 50 à 11 55	1,00	1
11 55 à 12 00	0,90	—
12 00 à 12 05	1,10	—
de 12 ^h 05 à 13 ^h 30, la sécrétion biliaire est d'environ 1 centimètre cube par cinq minutes; à partir de 13 ^h 30, elle diminue très lentement, pour revenir à son taux primitif à 14 ^h 50.		
14 ^h 50 à 14 ^h 55	0,55	—
14 55 à 15 00	0,50	—
à 15 heures, injection de 6 centimètres cubes d'une solution de chloral au dixième dans le duodénum.		
15 ^h 00 à 15 ^h 05	2,3	46
15 05 à 15 10	2,2	44
15 10 à 15 15	2,1	42

En résumé, tandis que, injecté dans le duodénum ou la première portion du jéjunum, le chloral, à la dose de 2 à 5 centigrammes par kilogramme d'animal, provoque une augmentation considérable et presque immédiate des sécrétions biliaire et pancréatique, lesquelles marchent d'abord parallèlement, puis l'accélération de la sécrétion pancréatique cessant au bout de trente minutes tandis que celle de la bile persiste pendant plusieurs heures,

injecté dans la dernière portion de l'iléon, dans le côlon ou dans la cavité pleurale, le chloral n'exerce aucune influence sur la sécrétion pancréatique et n'agit sur la sécrétion biliaire qu'après dix à vingt minutes, et ici aussi l'accélération se maintient pendant plusieurs heures. Pourtant, quel que soit l'endroit de l'injection, le chloral pénètre dans le sang avec une vitesse sensiblement égale, ainsi que nous le montrent les tracés de la pression sanguine.

Si la solution de chloral est introduite directement dans le sang, par la veine crurale par exemple, et aux mêmes doses de 5 à 5 centigrammes par kilogramme d'animal, on obtient du côté des sécrétions exactement le même résultat qu'après son introduction dans la cavité pleurale, le côlon ou l'iléon. La sécrétion pancréatique ne subit aucune modification, la sécrétion biliaire n'est pas modifiée pendant les dix ou quinze minutes qui suivent l'injection, puis elle augmente fortement, et cette augmentation se maintient pendant trois heures environ. En injectant le chloral dans le sang à des doses beaucoup plus fortes, Wertheimer et Lepage ont obtenu parfois, mais d'une façon inconstante, une augmentation de la sécrétion pancréatique. Aux doses que nous avons employées, celle-ci ne se produit jamais, alors que, introduit aux mêmes doses dans le duodéno-jéjunum, chez les mêmes chiens le chloral provoquait une sécrétion très abondante de suc pancréatique.

Au moment de l'injection du chloral dans le sang, la pression sanguine subit une chute rapide, mais se relève brusquement en quelques secondes, tout en restant cependant un peu en dessous de la normale. Elle ne regagne son niveau primitif qu'au bout d'une trentaine de minutes.

Nous nous bornerons à donner ici un seul protocole de nos expériences d'injection de chloral dans le sang.

EXPÉRIENCE IV. *Juillet 1905.* — Chien de 22 kilogrammes. A jeun depuis vingt-quatre heures. Anesthésié par la morphine et le chloroforme. Manomètre dans la carotide. Canule dans la veine crurale. Ligatures du pylore et du col de la vésicule biliaire. Canules dans le canal pancréatique et dans le canal cholédoque.

TEMPS.	Débit de la bile de 5 en 5 minutes en centimètres cubes.	Débit du suc pancréatique de 5 en 5 minutes en gouttes.
9 ^h 25 à 9 ^h 30	0,40	—
9 30 à 9 35	0,20	—
9 35 à 9 40	0,25	—
9 40 à 9 45	0,20	1
à 9 ^h 45, injection de 5 centimètres cubes d'une solution d'hydrate de chloral au cinquième dans la veine crurale (soit environ 5 centigrammes de chloral par kilogramme).		
9 ^h 45 à 9 ^h 50	0,20	—
9 50 à 9 55	0,25	—
9 55 à 10 00	0,50	1
10 00 à 10 05	0,90	—
10 05 à 10 10	1,20	—
10 10 à 10 15	1,30	—
10 15 à 10 20	1,40	1
10 25 à 10 30	1,45	—
10 30 à 10 35	1,50	—
10 35 à 10 40	1,45	1
10 40 à 10 45	1,50	—

TEMPS.	Débit de la bile de 5 en 5 minutes en centimètres cubes.	Débit du suc pancréatique de 5 en 5 minutes en gouttes.
de 10 ^h 45 à 11 ^h 30, la sécrétion biliaire se maintient à environ 1 ^{cc} ,50 par cinq minutes; à partir de 11 ^h 30, elle diminue lentement, pour ne revenir au débit normal qu'à 13 ^h 10.		
13 ^h 05 à 13 ^h 10	0,30	—
13 10 à 13 15	0,35	—
à 13 ^h 15, injection de 5 centimètres cubes d'une solution d'hydrate de chloral au cinquième dans le duodénum.		
13 ^h 15 à 13 ^h 20	0,60	45
13 20 à 13 25	1,20	17
13 25 à 13 30	1,70	8
13 30 à 13 35	1,65	7

Ainsi donc, injecté dans le sang, le chloral agit sur la sécrétion biliaire absolument de la même façon que lorsqu'on l'introduit dans le côlon, l'iléon ou la cavité pleurale, son action se produisant après quinze à vingt minutes et durant plusieurs heures. On est en droit d'en conclure que celle-ci, dans ces derniers cas, est due précisément à sa pénétration dans le sang, laquelle du reste se fait rapidement, ainsi que nous l'indique le tracé de la pression sanguine.

C'est encore à la pénétration du chloral dans le sang qu'il faut attribuer la persistance de l'augmentation de la sécrétion biliaire alors que toute action a cessé sur le pancréas, lorsque le chloral est introduit dans le duodéno-

jéjunum. Mais cette pénétration ne peut évidemment expliquer l'effet presque immédiat et très important produit, dans ce dernier cas, sur la sécrétion des deux glandes, puisque l'injection du chloral dans le sang aux mêmes doses n'agit que sur la sécrétion biliaire et seulement au bout de quinze à vingt minutes.

Comment le chloral introduit dans le sang agit-il pour augmenter la sécrétion de la bile? Diverses hypothèses se présentent immédiatement à l'esprit : le chloral altère les globules rouges et met l'hémoglobine en liberté. Si, après injection de chloral dans le sang, on examine, ainsi que nous l'avons fait à différentes reprises, le sérum de l'animal, on le trouve fortement teinté d'hémoglobine, alors qu'il était jaune clair avant l'injection. On pourrait penser que c'est l'hémoglobine mise en liberté dans le sang circulant qui est la cause de l'augmentation de la sécrétion biliaire. Cette hypothèse n'est certainement pas exacte, car, lorsqu'on injecte du chloral dans le côlon ou dans la cavité pleurale, sa pénétration dans le sang se faisant d'une façon plus lente ne détermine pas d'hémolyse, le sérum reste clair, et cependant l'effet cholagogue se manifeste quand même.

Ce n'est pas non plus par la vaso-dilatation qu'il faut expliquer l'augmentation de la sécrétion biliaire, cette vaso-dilatation étant, aux doses par nous employées, peu importante et de courte durée, ainsi que nous le montre l'examen des tracés de la pression sanguine.

Le chloral peut exercer son action soit sur les centres ou les nerfs sécréteurs de la bile, soit sur la cellule hépatique elle-même.

On admet que l'atropine paralyse les filets nerveux excito-sécréteurs des glandes. Nous avons recherché si le chloral agirait encore, introduit dans le sang, après

empoisonnement par le sulfate d'atropine. Nous avons pu injecter des doses très fortes de sulfate d'atropine (5 centigrammes par kilogramme d'animal) sans empêcher en rien l'action cholagogue du chloral introduit dans le sang.

Nous en arrivons donc, par exclusion, à admettre que l'accélération de la sécrétion biliaire est due à une action excitante directe du chloral sur la cellule hépatique. C'est cette action sur la cellule hépatique qui explique la persistance de l'augmentation du débit de la bile lorsque le chloral est introduit dans le duodéno-jéjunum.

Mais il est évident que c'est par un mécanisme différent que se produit l'augmentation presque immédiate des sécrétions biliaire et pancréatique qui succède à la pénétration du chloral dans le duodénum ou le jéjunum.

Il doit s'agir ici ou bien d'un mécanisme réflexe, le chloral agissant sur les terminaisons des nerfs centripètes de l'intestin grêle, ou d'une action chimique, humorale, due à la formation dans la muqueuse d'une substance nouvelle, d'une sécrétine-chloral, amenée au foie et au pancréas par voie sanguine.

Wertheimer et Lepage (1) ont démontré que la destruction des ganglions solaires et des plexus mésentérique supérieur et cœliaque, la section des pneumogastriques et des sympathiques dans le thorax, n'empêchaient pas l'action du chloral introduit dans le duodénum sur la sécrétion pancréatique. D'autre part, l'anesthésie profonde ne l'empêche pas non plus.

Au cours des présentes recherches, nous avons pu con-

(1) WERTHEIMER et LEPAGE, *Sur les fonctions reflexes des ganglions abdominaux du sympathique dans l'innervation sécrétoire du pancréas*. (JOURN. DE PHYSIOL. ET DE PATHOL. GÉNÉRALE, 1901, p. 335.)

stater, pour ce qui concerne la sécrétion biliaire, que l'anesthésie profonde n'empêche nullement l'action du chloral.

En outre, en injectant du chloral dans le duodénum de chiens profondément intoxiqués par le sulfate d'atropine, au point que l'excitation électrique de la corde du tympan fût impuissante à provoquer la sécrétion salivaire, nous avons obtenu l'effet habituel sur les sécrétions biliaire et pancréatique.

Toutes ces expériences, dont il nous semble superflu de donner les protocoles, plaident évidemment en faveur d'un mécanisme humoral.

Nous avons pu, par des expériences directes, démontrer qu'il s'agit bien d'une action de ce genre. En effet, en isolant une anse du jéjunum et en détruisant tous les filets nerveux qui y aboutissent, suivant la technique que nous avons déjà décrite dans un travail antérieur (1), et en introduisant dans l'anse ainsi éternée la solution d'hydrate de chloral, on obtient l'effet habituel sur le foie et le pancréas : accélération remarquable des deux sécrétions après une période latente de deux à trois minutes, cessation de l'effet sur le pancréas après une trentaine de minutes, persistance de l'accélération de la sécrétion biliaire pendant plusieurs heures.

Si, quelque temps après l'introduction du chloral dans l'anse éternée, on retire le contenu de cette anse, qu'on le filtre et qu'on en injecte quelques centimètres cubes dans une veine, on provoque une belle sécrétion de suc

(1) A. FALLOISE, *Action de l'acide chlorhydrique introduit dans l'intestin sur la sécrétion biliaire*. (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE [Classe des sciences], 1903, p. 784.)

pancréatique et une notable accélération de la sécrétion biliaire. La substance de nouvelle formation qui agit sur les deux glandes a donc, dans ce cas, passé en partie dans la lumière de l'intestin.

Voici le protocole d'une de ces expériences :

EXPÉRIENCE V. *Octobre 1905.* — Chien de 20 kilogrammes. A jeun depuis vingt-quatre heures. Anesthésié par la morphine et le chloroforme. Manomètre dans la carotide. Canule dans la veine crurale. Ligatures du pylore et du col de la vésicule biliaire. Canules dans le canal cholédoque et dans le canal pancréatique. Section au thermocautère entre des ligatures d'une anse du jéjunum longue de 50 centimètres. Énervation des vaisseaux qui y aboutissent et badigeonnage à l'H⁵N.

TEMPS.	Débit de la bile de 5 en 5 minutes en centimètres cubes.	Débit du suc pancréatique de 5 en 5 minutes en gouttes.
14 ^h 35 à 14 ^h 40	0,20	4
14 40 à 14 45	0,15	—
14 45 à 14 50	0,15	—
à 14 ^h 50, injection de 10 centimètres cubes d'une solution de chloral au dixième dans l'anse énervée.		
14 ^h 50 à 14 ^h 55	0,40	8
14 55 à 15 00	0,80	19
15 00 à 15 05	0,70	43
15 05 à 15 10	0,70	6
à 15 ^h 10, on recueille le contenu de l'anse énervée que l'on filtre.		

TEMPS.	Débit de la bile de 5 en 5 minutes en centimètres cubes.	Débit du suc pancréatique de 5 en 5 minutes en gouttes.
15 ^h 10 à 15 ^h 15	0,50	4
15 15 à 15 20	0,50	—
15 20 à 15 25	0,40	—
15 25 à 15 30	0,50	4
à 17 ^h 05, le débit de la bile est retombé à la normale.		
17 ^h 05 à 17 ^h 10	0,25	—
17 10 à 17 15	0,20	—
à 17 ^h 15, injection dans la crurale de la moitié du liquide retiré de l'anse énercée.		
17 ^h 15 à 17 ^h 20	0,70	35
17 20 à 17 25	0,90	42
17 25 à 17 30	0,70	26
17 30 à 17 35	0,40	7

Des expériences qui précèdent, il résulte que l'action du chloral introduit dans le duodénum sur les sécrétions biliaire et pancréatique est due à la formation d'une substance nouvelle, une *sécrétine-chloral*, amenée aux glandes par voie sanguine.

Pour que la démonstration fût complète, il fallait tenter de produire *in vitro* cette substance nouvelle en faisant agir, en dehors de l'organisme, une solution de chloral sur la muqueuse de l'intestin. Dans ce but, on racle la muqueuse du duodéno-jéjunum, on la broie avec du sable en y ajoutant 20 centimètres cubes d'une solution de chloral au dixième; on ajoute en

même temps, pour empêcher l'acidification du milieu, un peu de solution diluée d'hydrate de soude et une quantité suffisante de craie. Après quelques heures de contact, on ajoute au mélange 80 centimètres cubes d'eau et on fait bouillir en évitant soigneusement l'acidification du milieu. Puis on filtre. On obtient ainsi un liquide qui contient la *sécrétine-chloral*. Il suffit d'en injecter quelques centimètres cubes dans une veine pour produire, après une période latente de deux à trois minutes, une abondante sécrétion de suc pancréatique et une accélération remarquable de la sécrétion biliaire. Les deux sécrétions suivent une marche absolument parallèle, l'accélération biliaire persistant plus longtemps, probablement à cause de l'hydrate de chloral en substance contenu dans la solution.

Voici le protocole d'une de ces expériences :

EXPÉRIENCE VI. *Novembre 1905.* — Chien de 28 kilogrammes. A jeun depuis vingt-quatre heures. Anesthésié par la morphine et le chloroforme. Manomètre dans la carotide. Ligatures sur le pylore et le col de la vésicule biliaire. Canules dans la veine crurale, le canal cholédoque et le canal pancréatique.

TEMPS.	Débit de la bile de 5 en 5 minutes en centimètres cubes.	Débit du suc pancréatique de 5 en 5 minutes en gouttes.
10 ^h 05 à 10 ^h 10	0,30	—
10 10 à 10 15	0,25	1
10 15 à 10 20	0,20	—
à 10 ^h 20, injection dans la veine crurale de 10 centimètres cubes d'une solution de sécrétine-chloral.		

TEMPS.	Débit de la bile de 5 en 5 minutes en centimètres cubes.	Débit du suc pancréatique de 5 en 5 minutes en gouttes.
10 ^h 20 à 10 ^h 25	1,00	60
10 25 à 10 30	1,90	68
10 30 à 10 35	1,50	25
10 35 à 10 40	1,50	12
10 40 à 10 45	1,10	2
10 45 à 10 50	1,00	1
10 50 à 10 55	0,70	—
10 55 à 11 00	0,80	—
11 00 à 11 05	0,60	1
11 05 à 11 10	0,50	—
11 10 à 11 15	0,50	—

Conclusions.

L'hydrate de chloral introduit dans le duodénum provoque, chez les chiens, après une période latente de deux à trois minutes, une accélération remarquable de la sécrétion biliaire et de la sécrétion pancréatique. Cette dernière cesse au bout d'une trentaine de minutes, tandis que l'accélération de la sécrétion biliaire persiste pendant plusieurs heures.

Cette persistance de l'accélération de la production biliaire est due à une action directe du chloral sur la cellule hépatique après sa pénétration dans le sang. La cellule hépatique ne réagit à cette excitation qu'au bout

de quinze à vingt minutes, pour les doses de chloral que nous avons employées.

L'accélération des deux sécrétions, tant biliaire que pancréatique, qui se produit deux à trois minutes après l'introduction de la solution de chloral dans le duodénum, est due à la formation au sein de la muqueuse de l'intestin d'une substance nouvelle, une *sécrétine-chloral*, que l'on peut préparer *in vitro* et qui est amenée par voie sanguine au foie et au pancréas.

Travail du laboratoire de physiologie
de l'Université de Liège.

*De l'absorption péritonéale de la propeptone chez le
chien; par le Dr P. Nolf.*

Dans un travail précédent (1) se trouvent relatés les résultats de quelques injections très lentes de propeptone dans les veines du chien. On s'attacha principalement dans ces expériences à l'étude de trois points : la coagulation du sang, la pression artérielle, la teneur du sang en leucocytes.

Par les travaux de nombreux auteurs, on sait que l'injection brusque de petites quantités de propeptone dans les veines produit : 1° l'incoagulabilité du sang; 2° une forte chute de la pression artérielle; 3° une hypo-

(1) P. NOLF, *Contribution à l'étude de l'immunité propeptonique du chien*. (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE [Classe des sciences], 1902, p. 979.)

leucocytose primaire notable, suivie au bout d'un temps plus ou moins long d'une hyperleucocytose secondaire très marquée.

Gley et Lebas (1) ont démontré que le premier de ces effets s'obtient encore après l'injection de 0^{gr},05 de peptone de Witte par kilogramme d'animal, pourvu que l'injection soit très rapide. Des expériences personnelles, qui seront publiées ultérieurement, confirment complètement celles des auteurs français et les complètent en montrant que cette dose est également suffisante pour l'obtention des deux autres effets des injections intraveineuses rapides : la chute de pression artérielle et l'hypoleucocytose de début.

Si, au lieu de pousser brusquement dans les veines du chien de petites quantités de propeptone, on lui injecte ce produit très lentement au début, en augmentant ensuite progressivement la vitesse d'injection, on observe, en confirmation des résultats de Fano, que la coagulabilité du sang n'est nullement influencée, même par des doses très considérables de propeptone.

Au point de vue des effets immédiats d'une injection intraveineuse de propeptone sur la coagulation du sang, ce qui importe donc avant tout, c'est la rapidité d'injection : 2 ou 3 grammes injectés en une heure n'arrivent pas à produire ce que font 3 centigrammes administrés en quelques secondes.

Mais il en est tout différemment des deux autres effets de l'injection intraveineuse : la chute de pression et l'hypoleucocytose initiale.

(1) GLEY et LEBAS, *Immunité contre l'action de la peptone*. (ARCHIVES DE PHYSIOLOGIE, 1897, 5^e sér., t. IX, p. 848.)

Mes expériences précédentes ont établi que les grosses doses injectées assez lentement pour laisser au sang toute sa coagulabilité, finissent cependant par abaisser la pression artérielle et diminuer le nombre des leucocytes aussi sûrement que les doses faibles en injection brusque.

Il faut, certes, beaucoup plus de propeptone pour obtenir ce double résultat au moyen d'une injection lente; mais, une fois atteint, il est aussi net qu'après l'injection brusque de faibles doses et plus persistant.

Ce parallélisme d'action pour deux des effets des injections intraveineuses, opposé à la divergence qui s'établit dans l'influence sur la coagulabilité, est intéressant.

D'après Delezenne, l'incoagulabilité du sang après injection de propeptone se réalise par un mécanisme double. Dans un premier temps, la propeptone agit sur les leucocytes, qui abandonnent au sang certains produits; dans un second temps, le foie réagit vis-à-vis de ceux-ci et cette réaction aboutit à l'incoagulabilité.

Nous avons tout lieu de croire, d'autre part, que l'action de la propeptone sur la pression artérielle est primaire. Comme l'ont démontré les expériences de Thompson et les miennes propres (1), la chute de pression artérielle est due à la paralysie de la paroi vasculaire. De plus, il résulte de mes observations que cette paralysie se produit dans les vaisseaux d'un membre, *immédiatement* après l'arrivée dans ceux-ci d'une solution de pro-

(1) P. NOLF, *Procédé nouveau applicable à l'étude des substances à action vaso-motrice et à la détermination de la durée totale de la circulation*. (BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE [Classe des sciences], 1902, p. 895.)

peptone. Il est donc légitime d'inférer qu'ici l'action est primaire : c'est directement et non par produits interposés que la propeptone agit sur la paroi vasculaire pour diminuer momentanément son état de contraction. Cette déduction est confirmée par le résultat des injections intraveineuses lentes de propeptone. Celles-ci ne provoquent pas l'incoagulabilité du sang, parce que dans ce phénomène délicat et complexe plusieurs facteurs interviennent; elles produisent facilement, au contraire, la paralysie vasculaire, qui est primaire.

Étant donnée l'action des injections lentes sur le nombre des leucocytes du sang, il semble que l'on puisse conclure que l'hypoleucocytose, elle aussi, est le résultat d'une action directe de la propeptone sur les leucocytes. Elle se produit parfois avant toute chute de pression. Mais d'autres expériences démontrent que le phénomène est complexe et nécessité par deux facteurs tout au moins : l'action de la propeptone sur les leucocytes, l'action sur la paroi vasculaire.

En résumé, il semble que l'on puisse conclure que, dans l'injection intraveineuse lente comme dans l'injection intraveineuse brusque, les éléments organiques qui supportent l'action immédiate de la propeptone, les leucocytes du sang et la paroi vasculaire, sont atteints également. Ce qui distingue l'injection lente de l'injection brusque, c'est le manque de la réaction secondaire du foie. Or, si l'on songe que la réaction antithrombique de la glande hépatique est consécutive aux modifications leucocytaires, on comprendra facilement qu'elle fasse défaut lorsque celles-ci s'établissent avec une extrême lenteur, comme c'est le cas dans l'injection lente.

Cependant, si pendant tout le cours d'une injection

intraveineuse lente de propeptone le sang garde sa coagulabilité, il n'en a pas moins subi certaines modifications. D'habitude, le temps de coagulation est abrégé; de plus, il existe une immunité complète vis-à-vis d'une injection intraveineuse brusque de propeptone.

Il est probable *a priori* que cette immunité est d'un autre ordre que celle que l'on obtient après une ou plusieurs injections intraveineuses brusques. Comme il a été montré antérieurement (1), on doit attribuer cette dernière à l'épuisement de la réserve d'antithrombine hépatique. Dans l'injection lente, pareil motif ne peut être allégué, et il est plus probable d'admettre une immunité leucocytaire passagère. De fortes quantités de propeptone introduites lentement dans le torrent circulatoire y persistent pendant des heures et s'opposent à toute action vive d'une nouvelle injection, même brusque, sur les leucocytes.

Quel que soit d'ailleurs le mécanisme de cette immunité, elle est constante, et l'effet de l'injection intraveineuse lente peut être dit triple : chute de pression artérielle, hypoleucocytose primaire, immunité propeptonique.

Pour obtenir cet effet, l'essentiel, c'est d'injecter assez de propeptone, la durée de l'injection importe peu. Dans ces conditions, il était assez probable *a priori* que l'on pourrait arriver au même résultat si, au lieu d'introduire lentement la solution de propeptone dans le torrent circulatoire par une canule liée dans la veine, on s'arrangeait de façon à provoquer cet afflux lent de propeptone dans le sang par des voies plus normales.

(1) P. NOLF, *Contribution à l'étude de l'immunité propeptonique du chien.*

Dans les expériences qui sont relatées dans ce travail, on recourut à la voie péritonéale. Un seul auteur, que je sache, Contejean (1), a étudié l'action des injections intrapéritonéales de propeptone, en se plaçant au point de vue exclusif de la production de l'immunité propeptonique. Ses résultats, dont il ne donne pas le détail, furent négatifs. Ils furent accueillis sans vérification, et c'est devenu une opinion classique que les injections intrapéritonéales de propeptone sont incapables de conférer l'immunité. Comme on le verra plus loin, cette opinion est complètement fausse. L'auteur français ne donne aucun détail sur son procédé opératoire, la qualité et la quantité de propeptone qu'il injecte. Au point de vue spécial de l'action physiologique de la propeptone, ces indications sont cependant de nécessité, ainsi que je l'ai déjà fait ressortir ailleurs.

Le lecteur voudra bien me permettre d'entrer ici dans quelques détails de technique opératoire.

Technique opératoire.

La plupart des animaux employés étaient jeunes, par conséquent très sensibles à l'action de la propeptone, à jeun depuis au moins vingt-quatre heures, le plus souvent quarante-huit heures, pour exagérer encore cette sensibilité.

Pour n'atténuer en rien leur susceptibilité à l'égard du produit, on se contenta de la narcose chloroformique au moment de l'opération. Comme ils restaient fixés

(1) CONTEJEAN, *Influence des peptones sur la coagulabilité du sang*. (ARCHIVES DE PHYSIOLOGIE, 1895, 5^e sér., t. VII, pp. 45 et 243.)

pendant de longues heures sur la gouttière de Claude Bernard, on les enveloppait d'un édredon, pour éviter le refroidissement.

Une carotide était mise en relation avec le manomètre à mercure, l'autre portait une petite canule de verre droite, servant aux prises de sang. La respiration était enregistrée au moyen d'un pneumographe de Knoll.

Le produit injecté dans le péritoine était une solution stérilisée à 120° de peptone de Witte à 10 % dans du chlorure sodique à 0.5 % ou 0.75 %, chauffée à 40° au moment de l'administration. Le liquide était introduit aseptiquement dans la cavité péritonéale au travers d'une grosse aiguille fixée dans la paroi abdominale et retirée après l'injection. La quantité injectée correspondait à 1 ou 2 grammes de peptone par kilogramme d'animal.

Ce liquide n'est pas irritant ou l'est très peu. Quand on l'introduit sous la peau du chien, même en quantité notable, l'animal ne manifeste aucune douleur. L'introduction dans le péritoine est le plus souvent accompagnée de cris et d'agitation, cessant rapidement.

L'animal restant sur la gouttière, on procède de temps en temps à l'inscription des tracés manométrique et respiratoire et l'on prélève des échantillons de sang destinés à l'observation du temps de coagulation et à la numération des leucocytes. Comme cette dernière opération se faisait suivant un mode un peu spécial, très facile et fournissant des résultats constants, je crois utile d'en donner ici une courte description.

Les seuls instruments nécessaires sont une série de petits ballons jaugés de 10 centimètres cubes et autant de pipettes de 1 centimètre cube à écoulement facile.

Les pipettes doivent être bien propres et sèches. Les

ballons sont remplis aux trois quarts d'acide acétique à 1 %. Au moment de recueillir l'échantillon destiné à la numération, on rince au liquide physiologique la canule fixée dans la carotide du chien en expérience, on adapte sur la canule un record de caoutchouc court et l'on fixe l'artère entre le pouce et l'index de la main gauche. On lève la pince qui l'obturait et on laisse s'écouler quelques gouttes de sang qui ont pour effet de rincer l'ajutage. A ce moment, on fixe sur le bout libre de celui-ci l'extrémité inférieure d'une pipette de 1 centimètre cube. On laisse le sang monter jusqu'un peu au delà du trait de jauge supérieur. On retire la pipette, abandonne l'artère à un aide, qui termine en faisant immédiatement une prise de sang dans un tube à réaction, destinée à la mesure de la durée de coagulation.

Pendant ce temps, on laisse s'écouler de la pipette assez de sang pour que le liquide affleure exactement au trait de jauge supérieur. On laisse alors la pipette se vider rapidement jusqu'au trait inférieur dans un des ballons de 10 centimètres cubes, rempli aux trois quarts d'acide acétique dilué, et l'on agite *vivement et immédiatement* celui-ci. Cette dernière précaution est indispensable pour obtenir une émulsion bien homogène de leucocytes.

Quand le liquide est bien mélangé, on laisse retomber la mousse, puis on complète exactement avec l'acide dilué les 10 centimètres cubes du ballon, on introduit dans celui-ci quelques perles de verre, on agite encore et prélève au moyen d'une pipette effilée un peu de liquide, dont une gouttelette est déposée sur le porte-objet quadrillé de l'appareil de Thoma.

Cette façon d'opérer est très avantageuse quand il faut prélever coup sur coup plusieurs échantillons de sang,

destinés à la numération, qu'il faut agir vite et avec précision.

Si l'on a soin de bien agiter le mélange de sang et d'acide acétique dilué au moment où on l'opère, ensuite immédiatement avant la numération, les chiffres obtenus dans celle-ci sont assez constants et ne diffèrent d'habitude pas de plus d'un millier.

La numération doit porter sur 400 carrés de la chambre et, pour obtenir des résultats exacts, être répétée au moins une fois.

Quand le résultat des deux numérations différerait de plus de 1000 ou qu'il était particulièrement indiqué d'avoir un résultat exact, l'opération était recommencée trois et quatre fois. La moyenne de ces différentes numérations peut être considérée comme très proche de la réalité.

Les numérations peuvent être faites le lendemain de l'expérience : le nombre des leucocytes n'a pas varié. D'habitude on y procédait pendant et immédiatement après l'expérience. Celle-ci se terminait par une injection brusque de peptone de Witte dans la jugulaire droite, à raison de 0^{gr},2 par kilogramme d'animal. A cette dose, la peptone de Witte injectée brusquement produit toujours chez les chiens non préparés (comme il résulte des centaines d'expériences faites par moi) les effets classiques complets de l'intoxication propeptonée. La pression artérielle tombe très bas, l'hypoleucocytose est très marquée, le sang recueilli cinq minutes après l'injection est complètement fluide pendant au moins vingt-quatre heures. De sorte que si ces symptômes ne se produisent pas ou sont peu marqués, et sous ce rapport le dernier est d'une sensibilité beaucoup supérieure aux

autres, on peut conclure qu'il existe une immunité propeptonique complète ou incomplète. J'admets un certain degré d'immunité chez tous les animaux dont le sang après une telle injection ne reste pas complètement fluide pendant au moins vingt-quatre heures.

Après la mort de l'animal, la cavité péritonéale était ouverte au thermocautère et l'on recueillait quantitativement ce qui restait du liquide injecté. Dans quelques cas, on fit un dosage approximatif de la quantité de propeptone absorbée. A cet effet, on déterminait au polarimètre le pouvoir rotatoire de la solution injectée (1), dont on connaissait la concentration, et on faisait la même opération sur le liquide retiré du péritoine, après s'être débarrassé des albuminoïdes coagulables par l'ébullition après légère acidification.

Après cet exposé général de la marche habituelle des opérations, il suffira de donner le protocole détaillé de quelques-unes de celles-ci pour permettre au lecteur de formuler lui-même les conclusions.

EXPÉRIENCE I.

Jeune chien de 3^{kg}₅, à dentition définitive, à jeun depuis quarante-huit heures.

A 15 h. 54 m., prise de sang, coagulé à 15 h. 56 1/2 m.; 8,900 leucocytes.

A 16 h. 2 m., pression carotidienne : 17^{cm}₃.

A ce moment, injection, en soixante-cinq secondes, dans le péritoine, de 70 centimètres cubes d'une solution à 10 % de peptone de Witte.

(1) Cette concentration est indiquée, non en valeur de propeptone complètement anhydre, mais en valeur du produit commercial, qui contient d'habitude moins de 10 % d'eau.

A 18 h. 8 $\frac{1}{2}$ m., prise de sang, coagulé à 16 h. 12 m.; 7,400 leucocytes.

A 16 h. 11 m., pression carotidienne : 14^{cm},6.

A 16 h. 29 m., prise de sang, coagulé à 16 h. 32 $\frac{1}{2}$ m.; 6,300 leucocytes.

A 16 h. 49 m., pression carotidienne : 14 centimètres.

A 16 h. 50 m., prise de sang, coagulé à 16 h. 51 m.; 2,100 leucocytes.

A 17 h. 3 m., pression carotidienne : 13 centimètres.

A 17 h. 31 m., pression carotidienne : 11^{cm},6.

A 17 h. 34 m., prise de sang, coagulé à 17 h. 37 $\frac{1}{2}$ m.; 700 leucocytes.

A 18 h. 20 m., pression carotidienne : 11^{cm},2.

A 18 h. 21 m., prise de sang, coagulé à 18 h. 26 $\frac{1}{2}$ m.; 700 leucocytes.

A 18 h. 38 m., pression carotidienne : 10^{cm},2.

A 18 h. 42 m., prise de sang, coagulé à 18 h. 48 $\frac{1}{2}$ m.; 700 leucocytes.

A 18 h. 50 m., injection intraveineuse, en onze secondes, de 0^{sr},7 de peptone de Witte dissous dans 20 centimètres cubes d'eau salée à 1 %. La pression carotidienne tombe au bout d'une minute à 3 centimètres de mercure.

A 18 h. 52 $\frac{1}{2}$ m., prise de sang, coagulé à 18 h. 53 m.; 500 leucocytes.

A 18 h. 56 m., prise de sang, coagulé en moins de neuf minutes (détermination mal faite).

Le chien est resté calme pendant toute la durée de l'expérience, même pendant les injections intrapéritonéale et intraveineuse.

On retire du péritoine, après la mort, 93 centimètres de liquide incolore, troublé par des leucocytes en suspension et contenant 3.86 % de peptone, ce qui correspond à 3^{sr},67 de ce produit. Il en avait été injecté 7 grammes, de sorte que la quantité absorbée en deux heures cinquante minutes fut de 3^{sr},43, soit environ 1 gramme par kilogramme.

EXPÉRIENCE II.

Jeune chien de 4 kilogrammes, à jeun depuis quarante-huit heures.

A 11 h. 47 m., pression carotidienne : 16^{cm},6.

A 11 h. 49 m., prise de sang, coagulé à 11 h. 57 m.; 9,500 leucocytes.

A 12 heures, injection, en quarante secondes, dans le péritoine, de 40 centimètres cubes de solution à 10 % de peptone de Witte. L'injection provoque de l'agitation avec cris, passagère.

A 12 h. 5 1/2 m., prise de sang, coagulé à 12 h. 13 m.; 10,100 leucocytes.

A 12 h. 40 m., pression carotidienne : 13^{cm},7.

A 12 h. 16 m., pression carotidienne : 12^{cm},4.

A 12 h. 17 1/2 m., prise de sang, coagulé à 12 h. 18 1/2 m.; 11,600 leucocytes.

A 12 h. 20 m., pression carotidienne : 9^{cm},2.

A 12 h. 27 m., pression carotidienne : 7^{cm},6.

A 12 h. 32 m., prise de sang, coagulé à 12 h. 36 m.; 12,400 leucocytes.

A 12 h. 41 m., pression carotidienne : 6^{cm},4.

A 12 h. 58 m., pression carotidienne : 6 centimètres.

A 13 h. 17 m., pression carotidienne : 4^{cm},3.

A 14 h. 14 m., pression carotidienne : 5^{cm},6.

A 14 h. 33 m., pression carotidienne : 5^{cm},9.

A 14 h. 36 m., prise de sang, coagulé à 14 h. 42 m.; 17,000 leucocytes.

A 15 h. 11 m., prise de sang, coagulé à 15 h. 14 1/2 m.; 20,900 leucocytes.

A 15 h. 17 m., injection intraveineuse, en cinq secondes, de 0^{gr},8 de peptone de Witte dissous dans 20 centimètres cubes de chlorure sodique à 1 %. L'animal s'agite modérément; dyspnée moyenne. La pression carotidienne tombe de 5^{cm},9 à 4^{cm},2 au bout de nonante secondes.

A 15 h. 19 m., prise de sang, coagulé à 15 h. 25 $\frac{1}{2}$ m.; 7,200 leucocytes.

A 15 h. 26 m., nouvelle prise de sang, coagulé aussi après six minutes. L'animal est tué par saignée. Pendant toute la durée de l'expérience, il est resté calme, excepté au moment des injections.

On retire du péritoine 35 centimètres cubes d'un liquide incolore qui contient 2.55 % de peptone, ce qui correspond à 0^{gr},89 de ce produit. On en avait injecté 4 grammes, de sorte qu'en trois heures vingt-six minutes, il en fut absorbé 3^{gr},1, soit environ 0^{gr},75 par kilogramme d'animal.

EXPÉRIENCE III.

Jeune chien de 4 kilogrammes possédant encore ses crochets de lait, à jeun depuis quarante-huit heures.

A 11 h. 48 m., pression carotidienne : 17^{cm},2.

A 11 h. 49 m., prise de sang, coagulé à 11 h. 55 $\frac{1}{2}$ m.; 11,000 leucocytes.

L'animal s'agite beaucoup sur la gouttière, ce qui provoque une résorption faible de la solution saturée de sulfate magnésique qui sert à charger le manomètre. Il s'ensuit une chute de la pression carotidienne à 10^{cm},4, avec ascension consécutive lente.

A partir de ce moment, le chien reste complètement calme, même pendant l'injection intrapéritonéale.

A 12 h., la pression carotidienne est remontée à 15 centimètres. Elle semble devoir rester stationnaire.

A 12 h. 6 m., injection, en soixante secondes, dans le péritoine, de 40 centimètres cubes d'une solution à 10 % de peptone de Witte.

A 12 h. 16 m., pression carotidienne : 14 centimètres.

A 12 h. 27 m., prise de sang, coagulant après cinq à dix minutes (mal observé); 10,200 leucocytes.

A 12 h. 30 m., pression carotidienne : 14 centimètres.

A 12 h. 33 $\frac{1}{2}$ m., prise de sang, coagulé à 12 h. 35 m.; 8,300 leucocytes.

A 12 h. 37 m., pression carotidienne : 13^{cm},2.

A 12 h. 44 m., pression carotidienne : 12 centimètres.

A 12 h. 49 m., pression carotidienne : 10^{cm},8.

A 12 h. 50 m., prise de sang, coagulé à 12 h. 51 m.; 3,100 leucocytes.

A 13 h. 7 m., pression carotidienne : 7^{cm},4.

A 14 h. 24 m., pression carotidienne : 10^{cm},2.

A 14 h. 54 m., prise de sang, coagulé à 14 h. 56 1/2 m.; 26,700 leucocytes.

A 15 h. 9 m., injection intraveineuse, en huit secondes, de 0^{gr},8 de peptone de Witte dissous dans 20 centimètres cubes de liquide physiologique. La pression tombe au bout de trois minutes à 2 centimètres.

A 15 h. 13 m., prise de sang, complètement fluide après vingt-quatre heures; 1,400 leucocytes.

Le chien est tué et l'on retire de son péritoine 62 centimètres cubes d'un liquide incolore, louche, qui contient 1.95 % de peptone. De sorte que des 4 grammes de peptone injectés, il en reste 1^{gr},21 dans le péritoine, soit une absorption en trois heures sept minutes de $\frac{2^{\text{gr}},79}{4} = 0^{\text{gr}},7$ de peptone par kilogramme.

Si l'on s'en tient à ces trois expériences d'injection de propeptone dans la cavité péritonéale du chien, on est immédiatement frappé par la grande similitude, pour ne pas dire l'identité complète, qui existe entre elles et celles d'injection intraveineuse lente.

Tout au plus existe-t-il dans le cas des injections intrapéritonéales plus d'irrégularité.

Nous observons :

1° Du côté de la pression carotidienne (1), une chute

(1) La chute de pression artérielle est de beaucoup trop intense pour reconnaître pour cause les saignées (de 4 à 5 centimètres cubes

de pression qui débute quelques minutes après l'injection intrapéritonéale et qui, à en juger par les expériences II et III, semble habituellement atteindre (dans les conditions où je me suis placé) son maximum après une à deux heures, quelquefois cependant beaucoup plus tardivement. Cette dépression peut être très accentuée : dans l'expérience II, le manomètre tombe de $16^{\text{cm}},6$ à $4^{\text{cm}},3$. Dans l'expérience III, il y a déjà, après deux heures, une tendance marquée au relèvement de la pression artérielle, bien que le péritoine contint encore de la peptone.

2° Au point de vue du nombre des leucocytes dans le sang circulant, trois cas se présentent : chez le premier chien, il y a de l'hypoleucocytose, qui débute après quelques minutes, s'accroît ultérieurement pour atteindre un minimum comparable à celui des injections intraveineuses et s'y maintient jusqu'à la fin de l'expérience; chez le deuxième, il y a de l'hyperleucocytose d'emblée, qui progresse jusqu'à la fin; chez le troisième, il y a d'abord de la leucopénie, remplacée ultérieurement par de l'hyperleucocytose.

5° La coagulabilité du sang, quand elle est influencée, semble toujours augmentée pendant le cours de l'expérience. A la fin de celle-ci, il n'existe pas toujours de l'immunité. Complète dans les deux premières expériences, l'immunité est absente chez le troisième chien, bien qu'il y ait eu chez lui résorption d'une assez grande quantité de propeptone et que le produit absorbé ait agi chez lui, comme chez les précédents, sur la pression artérielle et le nombre des leucocytes du sang carotidien.

chacune) et la transsudation dans le péritoine. Ces facteurs peuvent contribuer à l'établir, mais sont insuffisants à eux seuls. Ils ne produisent jamais l'hypoleucocytose, ni l'immunité propeptonique.

De ces diverses manifestations, la première est la plus constante; la deuxième et la troisième le sont moins.

Au point de vue de l'existence ou de la non-existence de l'immunité propeptonique, je dispose de trois autres expériences.

Dans la quatrième, 5 grammes de propeptone avaient été administrés à un chien de 5^{kg},5, dont 3^{gr},24 résorbés après une heure quarante-huit minutes. Il y avait immunité complète comme dans I et II. L'animal s'était beaucoup agité pendant l'expérience.

Dans la cinquième, le chien de 5^{kg},75 reçut 7^{gr},5 de peptone dans le péritoine. On ne dosa pas la quantité résiduelle. L'injection intraveineuse fut faite après six heures quarante minutes. Il existait une immunité incomplète.

Dans la sixième, la dose injectée à un chien de 4 kilogrammes fut de 4 grammes. Après deux heures seize minutes, on en retrouvait 1^{gr},2. Il n'existait pas d'immunité.

Chez ces différents animaux, la propeptone avait déprimé la pression artérielle et influencé le nombre des leucocytes comme dans les trois premières expériences.

Si l'on réunit ces données expérimentales, on voit donc que sur six chiens injectés de 1 ou 2 grammes de propeptone (par kilogramme) dans le péritoine, deux n'ont acquis aucune immunité vis-à-vis de l'injection, un possède une immunité incomplète, trois sont doués d'immunité complète.

Si l'on songe que le procédé que j'ai employé pour mettre en évidence l'immunité est intentionnellement brutal, si l'on se souvient que tous les états de demi-résistance naturelle ou causée par des facteurs peu connus, tels

que les ont rencontrés assez souvent les auteurs qui ont expérimenté précédemment en cette matière, ne sont pas décelés par ce procédé, on est en droit de conclure formellement des expériences précédentes que, contrairement à l'opinion reçue, les injections intrapéritonéales de propeptone confèrent l'immunité propeptonique.

J'ai attiré l'attention sur la grande analogie d'aspect qui existe entre les suites de l'injection intrapéritonéale et celles de l'injection intraveineuse lente. Ce qui distingue la première, c'est plus d'irrégularité et d'inégalité. Mais cet aspect est la conséquence très naturelle des conditions expérimentales réalisées.

Dans les expériences d'injection intraveineuse lente que j'ai publiées précédemment, la pénétration de la propeptone dans les vaisseaux se fait de façon sûre, régulière et avec une vitesse progressivement croissante. La quantité injectée est habituellement de 1 à 2 grammes par kilogramme, avec une durée d'une heure à une heure trente minutes. Aussi existe-t-il une grande régularité dans les résultats.

Dans les expériences d'injection intrapéritonéale, la quantité qui pénètre dans le sang est moindre : de 0^{gr},5 à 1 gramme; la durée de pénétration plus longue : d'une heure trente minutes à six heures.

La vitesse de pénétration est probablement très inconstante : elle varie suivant la respiration, le calme ou l'agitation de l'animal. De plus, au lieu de croître du commencement à la fin de l'expérience, elle présente une allure inverse.

On peut donc dire que les six chiens précités sont, au point de vue de la pénétration de la propeptone dans

la voie sanguine, dans la situation d'animaux auxquels on ferait dans les veines une injection lente comportant la quantité et la durée précitées, avec une vitesse progressivement décroissante. Et les phénomènes que nous avons relatés doivent être considérés comme étant les effets d'une telle injection.

Cette façon de concevoir les choses découle d'ailleurs de la disposition matérielle de l'expérience. Les expériences d'absorption des colloïdes et des cristalloïdes par les séreuses montrent que les voies suivies par ces deux catégories de substances ne sont pas les mêmes. Les cristalloïdes sont absorbés directement par les vaisseaux sanguins, les colloïdes suivent les voies lymphatiques. C'est donc par celles-ci que la solution de propeptone injectée arrive aux veines, et le péritoine injecté nous apparait comme un réservoir élastique se déchargeant progressivement de son contenu dans la sous-clavière gauche.

Cette opinion au sujet des voies d'absorption de la propeptone n'est d'ailleurs pas basée exclusivement sur les données expérimentales acquises par d'autres auteurs sur des colloïdes différents, elle découle aussi de l'observation suivante qui, bien qu'unique, est suffisamment démonstrative.

EXPÉRIENCE IV.

Chien de 4^{kg},25, à jeun depuis quarante-huit heures.

A 11 h. 34 m., prise de sang, coagulé à 11 h. 40 m.; 15,400 leucocytes.

A 11 h. 36 m., pression carotidienne : 19^{cm},5.

A 11 h. 42 m., injection intrapéritonéale, en soixante secondes, de 50 centimètres cubes de solution à 10 % de peptone de Witte.

Dès le début de l'injection, l'animal crie et s'agite violemment

(pendant nonante secondes environ). Ensuite calme complet. La pression sanguine tombe à $13^{\text{cm}},4$ (11 h. 43 m.), pour se relever lentement après. Mais le mouvement d'ascension ne persiste pas longtemps. A partir de 11 h. 45 m., l'aiguille manométrique, qui atteint à ce moment 15 centimètres, se remet à descendre lentement et progressivement. A 11 h. 48 m., la pression carotidienne est de $7^{\text{cm}} 8$; à 11 h. 49 m., de $5^{\text{cm}},8$; à 11 h. 53 m. de $3^{\text{cm}},3$. Plus tard, une nouvelle hausse s'établit.

A 11 h. 56 m., pression carotidienne : 5 centimètres.

A 12 h. 1 m., pression carotidienne : 8 centimètres.

A 11 h. 51 $\frac{1}{2}$ m., prise de sang, coagulé à 12 h. 50 m.; 5,400 leucocytes.

A 11 h. 59 $\frac{1}{2}$ m., prise de sang; caillot pariétal à 15 h. 15 m., caillot complet à 17 h. 45 m.; 10,400 leucocytes.

On tue le chien à 12 h. 5 m. Le péritoine est vidé, sans perte, du liquide qu'il contenait. On recueille ainsi 34 centimètres cubes de liquide incolore. L'autopsie minutieuse ne permet de constater la moindre égratignure de l'intestin ou de la rate (l'injection avait été faite à 2 centimètres à gauche de l'ombilic).

Nous nous trouvons donc ici en présence d'un animal chez lequel l'injection intrapéritonéale de propeptone a été suivie des effets de l'injection intraveineuse modérément rapide sur la pression artérielle (abaissée), le nombre des leucocytes (diminué), la coagulabilité de sang (notablement retardée). D'ailleurs il résulte de l'autopsie qu'une partie notable du liquide injecté a disparu. Il n'a pas été injecté dans une veine, comme le prouve le résultat négatif d'une inspection minutieuse des organes. Le passage de la cavité péritonéale dans le sang s'est fait par les voies normales, mais avec une rapidité inusitée. On ne peut admettre par conséquent qu'il s'agisse d'une absorption directe par les capillaires de la séreuse, et il

ne reste dans ces conditions qu'une voie possible : la voie lymphatique. Grâce aux mouvements désordonnés de l'animal, à la grande quantité du liquide distendant le péritoine, une partie de ce liquide aura été foulée mécaniquement dans les voies lymphatiques au travers des orifices par lesquels celles-ci s'abouchent directement dans la cavité péritonéale, et la quantité de propeptone ainsi foulée dans les voies lymphatiques sera venue se mélanger au sang assez rapidement pour produire les effets d'une injection intraveineuse modérément rapide.

Je n'ai obtenu qu'une seule fois, au cours de mes expériences, un pareil effet après injection intrapéritonéale de peptone de Witte. Il est intéressant à nombre de points de vue et de nature à confirmer pleinement, si besoin de confirmation il y avait, le résultat habituel des injections intrapéritonéales de propeptone. Il reproduit les effets de l'injection intraveineuse modérément rapide aussi fidèlement qu'elles causent elles-mêmes ceux de l'injection intraveineuse lente.

Pour conclure, on est en droit de dire que :

1° Il existe la plus grande analogie d'effets entre l'injection intraveineuse lente de propeptone et l'administration intrapéritonéale de ce produit ;

2° L'introduction de propeptone en quantité suffisante dans la cavité péritonéale du chien déprime régulièrement et intensément la pression artérielle générale ; produit dans certains cas de l'hypoleucocytose suivie plus ou moins tôt d'hyperleucocytose, dans d'autres, de l'hyperleucocytose d'emblée ; est suivie le plus souvent, au bout d'un temps suffisamment long, d'immunité propeptonique.

De l'absorption intestinale de la propeptone chez le chien; par le Dr P. Nolf.

On aurait pu croire il y a quelques années, à la lecture des traités classiques de physiologie, qu'il régnait dans la science une unité de vues presque complète et définitive sur la double question de la digestion des albuminoïdes de l'alimentation et de l'élaboration des albuminoïdes du sang.

Les analyses chimiques du contenu intestinal du chien pendant la digestion d'un repas carné, dont les plus complètes étaient dues à Schmidt-Mühlheim, tendaient à démontrer que la grande masse des albuminoïdes de l'alimentation était absorbée dans l'estomac et l'intestin sous la forme d'albumoses et de peptones. A vrai dire, des analyses de Sheridan Lea prouvaient que, dans certains cas tout au moins, l'hydrolyse des protéïdes dans l'intestin pouvait être plus complète, poussée jusqu'aux acides aminés.

D'autre part, Schmidt-Mühlheim avait démontré que le sang portal et le chyle d'animaux en digestion ne contient pas d'albumoses et de peptones, ou seulement des traces insignifiantes.

Neumeister, appliquant à cette étude les méthodes perfectionnées d'analyse chimique qui résultaient des travaux de Kühne et des siens propres sur les produits de la protéolyse *in vitro*, avait obtenu aussi un résultat complètement négatif.

On avait conclu de cette double donnée expérimentale (et l'idée était unanimement acceptée) que la peptone

disparue de l'intestin et ne se retrouvant pas dans le sang était arrêtée par la muqueuse intestinale et convertie par l'activité vitale de cette dernière en albumine et globuline du plasma sanguin.

Ludwig et Salvioli crurent fournir la preuve directe de cette transformation. Ils introduisirent de la peptone (mélange d'albumoses et de peptone) dans une anse intestinale séparée du corps et maintenue en vie par une circulation artificielle. La peptone disparaissait de la cavité intestinale et ne se retrouvait pas dans le sang. Si, dans une expérience disposée de la même façon, la peptone était introduite dans le sang circulant, elle ne disparaissait pas.

Hofmeister démontrait que l'estomac et l'intestin sont les seuls organes qui contiennent normalement de la peptone en quantité notable. De plus, ayant enlevé l'estomac à des chiens en digestion de protéïdes et dosé la quantité de peptone existant dans une moitié de la muqueuse immédiatement après l'extraction du corps et dans l'autre moitié abandonnée pendant quelques heures à la température du corps, il en trouva constamment davantage dans la première. Il obtenait les mêmes résultats dans des expériences similaires faites sur la muqueuse intestinale. Encore ici, tout s'expliquait dans l'hypothèse d'une fonction synthétique de ces tissus portant sur les matériaux protéïques de l'alimentation. Neumeister obtint des résultats confirmatifs dans des expériences analogues.

Enfin, la peptone (ou albumose) introduite directement dans le sang, soit dans une veine de la circulation générale (Hofmeister), soit dans une veine mésentérique (Neumeister), soit dans une artère liénale (Shore), n'est

pas assimilée. Elle est rapidement éliminée par les urines; et si l'introduction dans le système veineux est suffisamment rapide et la dose considérable, il se produit une intoxication profonde de l'animal (Schmidt-Mühlheim, Fano, etc.).

Au contraire, on parvient à subvenir complètement aux besoins d'azote de l'animal et de l'homme en leur fournissant comme seul aliment azoté des peptones et albumoses (Maly, Plosz et Adamkiewicz, Zuntz, Pollitzer, Pfeiffer, Munk, Ellinger, Blum, etc.).

On aurait cru qu'une opinion scientifique étayée par des recherches aussi nombreuses et variées, dues à des expérimentateurs aussi renommés, fût destinée à supporter victorieusement le contrôle incessant des travaux scientifiques ultérieurs.

Et cependant, il semble, depuis l'apparition récente de quelques publications, que tout soit remis en question et le problème jadis résolu, plus obscur que jamais.

En 1901, Cohnheim (1) reprend l'expérience dans laquelle Neumeister voyait la preuve directe de l'action synthétique de la paroi intestinale. Il baigne des fragments de muqueuse intestinale dans un milieu liquide, constitué par du sang ou du liquide de Ringer bien oxygénés, additionnés de peptone. Après quelques heures, la digestion est interrompue et le liquide soumis

1) COHNHEIM, *Die Umwandlung des Eiweiss durch die Darmwand*. (ZEITSCHRIFT FÜR PHYSIOLOGISCHE CHEMIE, 1901, XXXIII, 431.) — *Weitere Mittheilungen über das Erepsin*. (IBIDEM, 1902, XXXV, 139.) — *Weitere Mittheilungen über Eiweissresorption. Versuche an Octopoden*. (IBIDEM, 1902, XXXV, 396.) — *Trypsin und Erepsin*. (IBIDEM, 1902, XXXVI, 13.)

à l'ébullition. Le filtrat, comme l'avait vu Neumeister, ne donne plus de biuret. Seulement, Cohnheim démontre que cette disparition n'est pas la conséquence, comme le croyait Neumeister, d'un travail synthétique transformant la peptone en albumine coagulable. Bien au contraire, elle est due à une désintégration plus profonde de la substance protéique.

La peptone est scindée en ses matériaux constitutifs, qui ne donnent plus le biuret. Loin d'obtenir une synthèse, on aboutit à une hydrolyse, et l'expérience perd toute valeur en vue de la démonstration d'une synthèse des albuminoïdes dans la muqueuse du tube digestif. Cette hydrolyse serait opérée, d'après Cohnheim, par un ferment protéolytique spécial, l'érepsine, sécrété par les cellules de l'épithélium intestinal.

Quelque temps après, Kutscher et Seeman (1) reprennent avec des méthodes d'analyse perfectionnées l'analyse du liquide intestinal de chiens en digestion de viande. Ils constatent que ce milieu ne donne pas le biuret ou le donne faiblement, ce qui prouve, à l'encontre des idées reçues, que la quantité d'albumoses et de peptones qu'il contient, est faible. Ils y trouvent constamment des quantités notables de tyrosine et de leucine, ils y décèlent aussi la présence de deux bases hexoniques, la lysine et l'arginine. Il résulte de leurs recherches que l'hydrolyse des albuminoïdes dans l'intestin du chien semble, dans la règle, dépasser largement le stade peptone et aboutir pour la grande masse de la substance ingérée aux produits

(1) KUTSCHER UND SEEMAN, *Zur Kenntniss der Verdauungsvorgänge im Dünndarm*. (ZEITSCHRIFT FÜR PHYSIOLOGISCHE CHEMIE, 1901-1902, XXXIV, 528.)

cristalloïdes. Fait très intéressant, les auteurs n'arrivent pas à déceler dans le sang portal de leurs animaux la moindre trace des substances cristalloïdes contenues dans le liquide intestinal. A ce point de vue, leurs recherches sont confirmatives de l'opinion qui reconnaît à la paroi intestinale une fonction synthétique. Seulement le matériel de synthèse serait constitué, non par des albumoses et des peptones, mais par des substances cristalloïdes.

Loewi (1) apporte le résultat de quelques essais d'alimentation de chiens avec des liquides de digestion pancréatique poussée à ses dernières limites, c'est-à-dire jusqu'au moment où le biuret disparaît. Ces milieux ne contiennent pas de peptone ou seulement des traces.

Malheureusement, ils irritent fortement le tube digestif et produisent facilement de la diarrhée et des vomissements. Il semble cependant résulter de quelques expériences (de courte durée il est vrai) qu'ils peuvent suffire comme apport azoté à l'animal et remplacer les albuminoïdes de l'alimentation.

Un élève de Hofmeister, Glaessner (2), reprend l'ancienne expérience de son maître, qui consiste à déterminer la transformation de la peptone (ou albumose) par la muqueuse de l'estomac en albumine coagulable. Sa technique, au courant des derniers perfectionnements de l'analyse, lui fournit des résultats corroborant complètement l'ancienne opinion de Hofmeister. Il semble bien

(1) LOEWI, *Ueber Eiweiss-synthese im Thierkörper*. (ARCHIV FÜR ALLGEMEINE PATHOLOGIE UND PHARMAKOLOGIE, 1902, XLVIII, 303.)

(2) GLAESSNER, *Ueber die Umwandlung der Albumosen durch die Magenschleimhaut*. (BEITRÄGE ZUR CHEMISCHEN PHYSIOLOGIE UND PATHOLOGIE, 1902, I, 328.)

que la muqueuse de l'estomac soit en état de transformer l'albumose en une substance qui est coagulable par la chaleur.

Au contraire, un travail d'Embden et Knoop (1), sorti du même laboratoire, arrive par les mêmes procédés à un résultat complètement opposé, en ce qui concerne l'intestin.

Les auteurs concluent de leurs analyses que dans la paroi survivante de l'intestin, il n'y a ni synthèse d'albumine ni hydrolyse jusqu'aux produits cristalloïdes (en opposition avec Cohnheim pour ce dernier point).

De plus, ces auteurs constatent que le sang de la plupart des chiens contient une substance albuminoïde, non coagulable par la chaleur, qu'ils supposent être une albumose. Elle manque quelquefois chez des chiens en pleine digestion carnée, peut exister, au contraire, chez des animaux à jeun, de sorte que ses rapports avec la digestion sont obscurs.

Langstein (2) confirme ces données.

Récemment, dans un travail très soigneux, Zunz (3) reprend la question de la marche de la digestion stomacale et intestinale de la viande bouillie chez le chien. Il analyse le liquide stomacal et celui contenu dans la portion initiale (longue de 50 centimètres) de l'intestin.

(1) EMBDEN UND KNOOP, *Ueber das Verhalten der Albumosen in der Darmwand und über das Vorkommen von Albumosen im Blute*. (BEITRÄGE ZUR CHEMISCHEN PHYSIOLOGIE UND PATHOLOGIE, 1903, III, 120.)

(2) LANGSTEIN, *Ueber das Vorkommen von Albumosen im Blute*. (IBIDEM, 1903, III, 373.)

(3) ZUNZ, *Ueber die Verdauung und Resorption der Eiweisskörper im Magen und im Anfangsteil des Dünndarms*. (BEITRÄGE ZUR CHEMISCHEN PHYSIOLOGIE UND PATHOLOGIE, 1903, III, 339.)

Il y détermine la quantité d'azote correspondant aux diverses albumoses, de l'azote précipité par l'acide phosphotungstique, de l'azote non précipité. A l'encontre de Kutscher et Seeman, il trouve toujours dans le milieu intestinal de notables quantités d'albumoses (94 à 52 % de l'azote total). Cependant, ses analyses démontrent que la proportion d'albumose contenue dans le liquide intestinal va diminuant de la deuxième à la dixième heure de la digestion. Si l'on songe que les analyses de Kutscher et Seeman furent faites au moyen de liquide recueilli à la période ultime de la digestion carnée (douzième heure), qu'elles portèrent sur le contenu de tout l'intestin grêle et non de la partie initiale, que leurs chiens furent nourris de viande fraîche et les résultats donc plutôt comparables à ceux de Zunz chez des chiens recevant de la viande bouillie accompagnée de bouillon (dans un de ces cas, Zunz ne trouve dans l'intestin que 5.6 % d'azote dans la fraction albumose), on s'explique assez bien les différences de résultats, à première vue très grandes, de ces auteurs.

En comparant ces résultats, qui se complètent plus qu'ils ne se contredisent, on en arrive à la conception que le contenu intestinal renferme certainement de grandes quantités d'albumoses au début de la digestion, mais que celles-ci vont rapidement diminuant, même dans la partie tout initiale, et qu'elles disparaissent probablement tout à fait à la fin de la digestion, à un moment où l'absorption du contenu intestinal n'est cependant pas complète.

La question reste à trancher si, au moment où le milieu intestinal est riche en albumoses, celles-ci sont absorbées comme telles ou si, même alors, l'absorption porte seule-

ment sur les produits cristalloïdes de la protéolyse. Voilà ce que ne pourront jamais dire les analyses les plus soigneuses du contenu intestinal. Et pour éclaircir ce point, Zunz s'en réfère aux résultats de Glaessner. Mais ses recherches personnelles, corroborant d'ailleurs celles de ses prédécesseurs, montrent bien le peu d'importance qu'il faut attribuer à l'estomac dans l'absorption des produits de protéolyse. Et encore semble-t il résulter de ses analyses que l'absorption s'adresse surtout aux produits cristalloïdes de la digestion pepsique. C'est donc pour la muqueuse intestinale qu'il eût surtout été intéressant de prouver qu'elle est capable d'opérer la synthèse des albuminoïdes. Mais, comme on l'a vu, Embden et Knoop sont arrivés sur ce point à un résultat tout à fait négatif.

Si l'on résume rapidement les principales tendances auxquelles aboutissent les recherches précédentes, on pourra conclure que :

1° L'absorption des albumoses et peptones par la paroi intestinale dans la digestion normale peut être mise en doute (Kutscher et Seeman, Loewi) ;

2° L'action synthétique de la muqueuse intestinale à l'égard des albumoses et peptones manque de toute base expérimentale (Cohnheim, Embden et Knoop) ;

3° L'absence d'albumoses dans le sang en circulation est contestée (Embden et Knoop, Langstein).

C'est-à-dire qu'il ne reste rien du trépied d'apparence si robuste sur lequel s'édifiait l'opinion classique de l'élaboration des albuminoïdes du sang par la muqueuse du tube digestif aux dépens des albumoses et peptones de l'alimentation.

Il convient donc de recueillir du matériel expérimental neuf, le plus varié possible, d'accumuler les faits de façon

à préparer une base solide à de nouvelles conceptions sur le mécanisme de l'absorption et de l'utilisation des albuminoïdes.

Et puisqu'il semble que rien ne soit plus établi, que tout soit remis en question, il n'est pas inutile de prouver à nouveau ce que l'on croyait démontré depuis longtemps.

Un point hautement intéressant est de savoir si réellement, pendant la digestion, des albumoses passent ou peuvent passer comme telles dans la circulation.

Or l'étude des particularités qui se manifestent dans les propriétés du sang et du côté de la circulation après l'injection intraveineuse lente de propeptone (1) ou après l'introduction de celle-ci dans le péritoine (2), révéla des faits assez caractéristiques pour permettre d'espérer que l'application des mêmes méthodes à l'étude de l'absorption intestinale de la propeptone fût fructueuse.

Il a été démontré que la pénétration lente de la propeptone dans la circulation, qu'elle se fasse directement par une canule liée dans une veine, ou indirectement par l'intermédiaire de la voie lymphatique, produit dans la circulation une chute profonde de la pression artérielle; dans le sang, une hyperleucocytose considérable, précédée le plus souvent d'une leucopénie intense et l'immunité à l'injection intraveineuse consécutive de propeptone.

Il est clair que si l'on arrivait à produire ces mêmes phénomènes, très faciles à constater et d'allure très nette, en introduisant dans l'intestin des quantités suffisantes de

(1) P. NOLF, *Contribution à l'étude de l'immunité propeptonique du chien*. (BULL. DEL'ACAD. ROY. DE BELGIQUE [Classe des sciences], 1902, p. 979.)

(2) P. NOLF, *De l'absorption péritonéale de la propeptone chez le chien*. (IBIDEM, 1903.)

propeptone, on démontrerait d'une façon assurée que réellement il passe pendant la digestion de la propeptone dans le sang.

Existe-t-il des observations de ce genre dans la science actuelle? Il est permis de dire que le matériel dont nous disposons jusqu'aujourd'hui est absolument insuffisant pour trancher la question. En ce qui concerne l'influence de la digestion sur la pression artérielle, Pawlow a démontré que pendant la digestion du pain, de la viande, la pression artérielle générale du chien ne subit jamais une chute de plus de 1 centimètre de mercure, malgré l'importante vaso-dilatation qui se produit dans l'aire splanchnique.

Pour ce qui est des propriétés du sang, Hofmeister a attiré l'attention, il y a déjà longtemps, sur l'hyperleucocytose qui se produit au cours de la digestion des albuminoïdes.

Enfin Fano, ayant constaté chez quelques chiens un état de résistance naturelle à l'injection intraveineuse de propeptone, avait déjà pu supposer qu'il s'agissait là d'une immunité de digestion, due à la pénétration, pendant celle-ci, de petites quantités de propeptone dans le sang.

Toutes ces expériences et observations sont intéressantes en elles-mêmes, elles ont élargi le champ de nos connaissances. Mais elles sont inutilisables pour la résolution de la question posée plus haut. A ce point de vue, leur défaut commun est le manque de précision.

Après l'administration à un animal d'un repas riche en albuminoïdes, les albumoses et peptones dérivées de ces albuminoïdes au cours de la digestion gastrique pénètrent dans son intestin.

Mais en quelle quantité, en quel temps, dans quelles conditions?

En ce qui concerne les deux premiers points, il importe cependant d'être renseigné, puisque, au point de vue des phénomènes consécutifs à l'introduction de la propeptone dans le sang, la quantité et la durée sont des facteurs de la plus haute importance. Or, rien dans les conditions des expériences précitées ne permet même une évaluation grossière de ces données.

Quant aux conditions chimiques et physiologiques dans lesquelles se fait l'arrivée du chyme gastrique dans le pylore, peut-on prévoir si ces conditions mêmes n'influenceront pas l'absorption intestinale de la propeptone? En termes plus précis, est-il indifférent que la propeptone passe dans l'intestin en solution neutre, alcaline ou acidifiée par l'acide chlorhydrique? L'absorption intestinale de cet acide chlorhydrique ne peut-elle pour son propre compte déterminer des modifications du côté du sang et de la circulation? Autant de questions qu'il importe de poser, comme on le verra plus loin, et que les expériences précédentes ne résolvent pas.

Pour obtenir un ensemble de faits utilisable, il fallait donc commencer par éliminer l'estomac, introduire la propeptone directement dans l'intestin, de façon à savoir de manière précise en combien de temps une quantité connue de produit actif pénétrait dans l'intestin. Il fallait déterminer ou tout au moins évaluer dans le résidu intestinal ce qui restait de propeptone, de façon à savoir plus ou moins exactement la quantité absorbée réellement.

Enfin, il était important d'introduire la propeptone en milieu acide, neutre et alcalin, et cela à deux points de

vue. Il était bon d'abord de tâcher de savoir quelle action ces milieux pouvaient exercer *directement* sur les phénomènes étudiés. Et cela était surtout utile pour le milieu acide, puisqu'on sait, depuis les recherches de Dastre et Floresco (1), et celles de Spiro et Ellinger (2), que, injectés dans les veines, les acides créent l'immunité propeptonique.

Ensuite, il y avait lieu d'essayer de déterminer l'influence indirecte que ces milieux peuvent exercer sur l'absorption de la propeptone par leur action possible sur la sécrétion des glandes digestives : foie et surtout pancréas. On sait que les acides arrivant dans le duodénum provoquent une forte sécrétion pancréatique, dont ils sont en quelque sorte le seul excitant. Ce suc pancréatique modifie profondément la propeptone. Il n'est donc nullement indifférent que l'arrivée de celle-ci dans l'intestin s'accompagne ou non de sécrétion pancréatique.

A ce point de vue, il fallait prévoir que la condition la plus favorable au point de vue d'une absorption maximale de propeptone dans l'intestin consisterait dans l'emploi d'un milieu alcalin. C'est pourquoi dans le plus grand nombre d'expériences et les premières, on employa comme véhicule liquide de la propeptone, la solution à 0.25 % de carbonate sodique, dont l'alcalinité correspond à environ la moitié de celle du suc intestinal; dans

(1) DASTRE et FLORESCO, *Contribution à la connaissance du ferment coagulateur du sang*. (COMPTES RENDUS DE LA SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE, 1897, p. 28.)

(2) ELLINGER UND SPIRO, *Gerinnungsbefördernder und gerinnungshemmender Stoffe*. (ZEITSCHRIFT FÜR PHYSIOLOGISCHE CHEMIE, 1897, XXIII, 121.)

d'autres, on administra la propeptone dissoute dans l'eau salée à 0.5 % ou dans une solution à 0.5 % d'acide chlorhydrique. Ces liquides furent aussi administrés dans des expériences de contrôle.

Technique.

La technique suivie dans ces expériences fut généralement celle qui servit dans des recherches précédentes.

Le lecteur en trouvera les détails dans l'exposé de mes recherches sur l'absorption péritonéale de la propeptone. Les chiens employés étaient tous à jeun depuis quarante-huit heures. La narcose pendant l'opération se fit au chloroforme seul pour éviter l'action de la morphine ou de l'atropine sur les centres nerveux et l'intestin.

La préparation opératoire générale fut la même que pour les animaux destinés à l'étude de l'absorption péritonéale. Seulement il fallut un complément de vivisection pour permettre l'introduction des liquides employés dans l'intestin.

A cet effet, on faisait au bistouri une incision de la peau sur la ligne blanche au niveau de l'estomac, on pratiquait ensuite, au thermocautère, une boutonnière de même direction dans la paroi abdominale. Au moyen de l'index, on trouvait l'épiploon, attirait la partie pylorique de l'estomac dans la plaie; on passait derrière elle une ligature forte destinée à l'étreindre ultérieurement, en évitant de comprendre les vaisseaux coronaires et gastro-épiploïques dans la ligature.

Par quelques sutures, on fixait ensuite dans la plaie la face antérieure de l'estomac, de façon que la partie

ainsi mise à nu précédât de 2 à 5 centimètres environ le pylore.

La paroi stomacale était perforée longitudinalement au Paquelin et l'on introduisait dans le viscère la grosse extrémité d'une canule en verre coudée en la dirigeant vers le pylore, mais sans traverser celui-ci. En tirant ensuite modérément sur la ligature qui passait derrière la partie fixée de l'estomac, on s'assurait qu'elle coïncidât avec l'étranglement de la canule et, en serrant la ligature, on fixait solidement, mais sans comprimer trop la paroi stomacale, la grosse extrémité de la canule immédiatement en avant du pylore. L'extrémité libre rétrécie de la canule était coiffée d'un tube en caoutchouc qui la mettait en relation avec l'entonnoir contenant le liquide à injecter. L'entonnoir était maintenu par un support et pouvait être élevé à des hauteurs variables au-dessus de l'animal. Le liquide ainsi administré ne pénétrait donc pas directement dans l'intestin, mais traversait d'abord le pylore. De cette manière, on se rapprochait le plus possible des conditions dans lesquelles se fait normalement le passage des liquides de l'estomac dans l'intestin.

La pénétration des liquides dans l'intestin se fit avec des vitesses différentes dans les différentes expériences.

Dans certains cas, elle fut de courte durée, d'autres fois, elle eut lieu très lentement. Au début de l'expérience, quand l'intestin était vide, il suffisait d'élever l'entonnoir contenant le liquide à quelques centimètres au-dessus du pylore (5 centimètres environ) pour provoquer un écoulement rapide. Plus tard, à mesure que l'abdomen se distendait, la pénétration devenait moins aisée.

Quand la quantité de liquide à introduire était considérable, on arrivait, en élevant plus ou moins l'en-

tonnoir (de 5 à 10 centimètres, suivant le niveau du liquide dans celui-ci), à entretenir, pendant toute la durée de l'expérience, un écoulement sensiblement constant.

Quelquefois cependant, quand la distension de l'abdomen devenait considérable et surtout dans les cas où il se produisit des évacuations par l'anus, l'administration était interrompue pendant un certain temps.

La pénétration des liquides acides dans l'intestin se faisait toujours plus péniblement que celle des liquides alcalins.

Il fallait, pour obtenir la même vitesse d'écoulement, doubler et tripler la pression hydrostatique.

Pendant la durée de l'expérience, on notait de temps en temps la valeur de la pression artérielle, le mode respiratoire, et l'on pratiquait des prises de sang destinées chacune à la détermination de la durée de coagulation et à la numération des leucocytes (voir mon article sur l'absorption péritonéale de la propeptone).

On terminait en éprouvant l'animal au sujet de sa résistance à l'injection intraveineuse brusque de peptone de Witte. La dose injectée en quelques secondes dans les premières expériences fut de 0^{gr},2. C'est celle qui, dans les recherches que j'ai faites précédemment, à différents points de vue, sur l'action de la propeptone chez le chien, s'est montrée active dans les centaines de cas où je l'ai employée. Elle a l'avantage, quand elle met en évidence un cas d'immunité, de ne laisser aucun doute à son sujet. Il s'agit bien alors d'immunité créée au cours de l'expérience et non d'un de ces exemples de résistance naturelle exagérée, comme en ont fait connaître les auteurs précédents. Mais elle a le défaut corres-

pendant à cette qualité : elle a perdu en délicatesse ce qu'elle gagne en netteté et laisse inaperçus des états d'immunité qui, bien que créés par l'expérience, ne sont pas sensiblement plus développés que ceux qui peuvent déjà exister normalement.

Or, comme on le verra plus loin, ce furent surtout des états de ce genre qui se manifestèrent au cours de ces recherches, de sorte qu'au bout d'un certain temps, on délaissa la dose de 0^{gr},2 pour celle bien plus faible de 0^{gr},05.

Dans six expériences de contrôle, faites chez des chiens normaux, à jeun depuis vingt-quatre heures, cette quantité injectée en quelques secondes dans la jugulaire produisit chaque fois tous les effets de l'administration intraveineuse brusque de propeptone.

Je donne ici brièvement le détail d'une de ces expériences toutes semblables.

Chien de 7 kilogrammes, à jeun depuis vingt-quatre heures.

Injection, en huit secondes, de 0^{gr},2 de peptone de Witte dissous dans 15 centimètres cubes de solution physiologique. Trente secondes environ après l'injection, agitation avec dyspnée, miction.

La pression tombe de 16^{cm},4 à 2^{cm},8 après trois minutes et demie.

Le nombre des leucocytes passe de 9,700 à 1,000. Le sang recueilli six minutes après l'injection reste fluide pendant quarante-huit heures.

Détaché quinze minutes après l'injection, l'animal est légèrement abattu.

Comme on le voit, les chiens normaux, à jeun depuis vingt-quatre heures, réagissent à la dose de 0^{gr},05 par kilogramme d'une façon très nette, et il devient dès lors inutile d'employer des quantités plus considérables.

Cependant, je me hâte d'ajouter que mon expérience de cette dose faible est limitée à ces six chiens normaux, qui se comportèrent d'ailleurs tous également, de sorte que je n'ai pas à son égard la certitude acquise pour la dose de 0^{gr},2, qu'aucune immunité naturelle n'est en état de lui résister.

Après avoir soumis les chiens en expérience à cette injection intraveineuse finale et en avoir observé les effets, on tuait l'animal par saignée et l'on vidait, par expression, son tube digestif, depuis le pylore jusqu'au rectum.

Le liquide évacué était d'habitude muqueux, teint en brun par la bile.

Pour évaluer la quantité de peptone qui pouvait encore y être contenue, on eut recours à un procédé qui avait déjà servi dans l'étude de l'absorption péritonéale de la propeptone. Il consiste à déterminer la teneur en propeptone d'après la valeur de la déviation au polarimètre. Ce procédé est très commode, très rapide et parfaitement indiqué quand la propeptone est la seule substance optiquement active dissoute dans le liquide. C'était à peu près le cas, après coagulation par la chaleur, dans les liquides retirés du péritoine. Ce n'est plus le cas dans ceux que fournit l'intestin. A côté de la propeptone, il y a toutes les substances plus simples qui proviennent de la désintégration de sa molécule sous l'influence des enzymes protéolytiques intestinales et dont quelques-unes agissent également sur le plan de la lumière polarisée. De sorte que la déviation totale par le liquide extrait est la somme des déviations partielles imputables à chacune de ces substances.

Attribuer cette déviation à la propeptone seule, c'est

donc forcément obtenir des valeurs inexactes. Seulement, si l'on réfléchit que ce que nous voulons savoir, c'est moins la quantité de propeptone résiduelle que, par soustraction, la quantité disparue; que cette propeptone disparue, dont nous voulons évaluer la dose, a été absorbée, en partie du moins, sous une forme chimique qui n'avait plus aucune analogie avec celle de la propeptone, on comprendra qu'il importe surtout, dans la détermination de la quantité résiduelle, de déterminer la masse de substance protéique non encore disparue, que celle-ci ait ou non subi l'action des enzymes protéolytiques. En un mot, puisque nous ne savons pas si la quantité disparue a été absorbée sous forme de propeptone ou de produits dérivés, il n'est pas essentiel que nous sachions exactement la composition chimique du liquide résiduel, et nous sommes en droit de l'exprimer en équivalent de propeptone. C'est ce résultat que nous donne l'examen polarimétrique. Cette méthode me semblait légitimée par la constatation de Gürber (1), que l'hydrolyse d'une substance albuminoïde en solution sous l'influence de la trypsine ne change pas sensiblement sa déviation polarimétrique. Évidemment, il n'est pas tenu compte de l'inégale vitesse d'absorption des produits cristalloïdes provenant de la protéolyse. Mais je ne demandais à la méthode qu'une détermination grossière, non une analyse exacte. Elle me la fournissait moins exactement qu'une détermination d'azote, mais plus rapidement. Or, dans ces expériences, où les conditions

(1) GÜRBER, *Wie beeinflusst die Verdauung das Drehungsvermögen einer Eiweisslösung?* (JAHRESBERICHT FÜR THIERCHEMIE, 1899, XXIX, 58.)

tenant à l'animal (susceptibilité, etc.) varient dans de très larges limites et portent probablement sur des grammes et des dizaines de grammes, il est illusoire de donner au dosage méticuleux des substances actives une trop grande importance. Il m'a semblé que mieux valait multiplier les expériences sur l'animal, en se contentant d'évaluations au point de vue des quantités administrées (1).

Pour déterminer le pouvoir rotatoire du liquide intestinal, on commençait par débarrasser celui-ci de la faible quantité de substance protéique coagulable qu'il contenait, en le chauffant à l'ébullition en milieu très légère-

(1) Dans trois expériences, la quantité de propeptone résiduelle fut évaluée d'une part au moyen de l'examen polarimétrique, établie d'autre part en fonction de l'azote (déterminé par le procédé de Kjeldahl) contenu dans le liquide retiré de l'intestin.

Premier cas (digestion de peptone acide). Kjeldahl : 5.25 % de propeptone; examen polarimétrique : 4.3 %.

Deuxième cas (digestion de peptone acide). Kjeldahl : 4.8 % de propeptone; examen polarimétrique : 2.9 %.

Troisième cas (digestion de peptone neutre). Kjeldahl : 5.12 % de propeptone; examen polarimétrique : 7.4 %.

Ces résultats démontrent que l'évaluation au polarimètre est un procédé très infidèle, dont il ne pourrait être question dans des recherches précises sur la vitesse d'absorption de propeptone par la muqueuse intestinale, mais qui est suffisant dans mes expériences. En effet, il suffit de songer que dans la plupart de celles-ci, la quantité de liquide retirée de l'intestin est inférieure à 100 centimètres cubes, qu'elle dépasse exceptionnellement 200 centimètres cubes (deux cas) pour en conclure que l'erreur commise dans l'évaluation de la peptone absorbée ne dépasse probablement jamais 5 grammes en valeur absolue et est le plus souvent beaucoup plus faible. Une telle évaluation me suffisait.

ment acide. Le filtrat était additionné de quelques gouttes d'une solution de phosphate ammonique et dilué ensuite exactement au double de son volume primitif avec de l'eau de chaux. On filtrait, et le liquide ainsi éclairci pouvait être examiné au tube de 10 centimètres ou de 5 centimètres suivant sa concentration. Connaissant le pouvoir rotatoire d'une solution à 10 % de peptone de Witte (non anhydre, contenant de 5 à 10 % d'eau), on en déduisait la richesse du liquide en propeptone.

Exposé des résultats expérimentaux.

Les résultats des divers essais relatés dans ce mémoire ne seront pas exposés dans l'ordre de leur obtention.

Guidé par l'idée *a priori* que l'absorption de la propeptone serait maximale quand on administre cette substance en solution alcaline, je fis tout d'abord une assez longue série d'expériences destinées à analyser les résultats de cette administration. L'alcalinité choisie fut celle d'une solution à 0.25 % de carbonate sodique, correspondant à la moitié environ de l'alcalinité du suc intestinal du chien. Plus tard, il fut fait de même avec des solutions neutres et acides, l'acidité essayée étant celle du suc gastrique pur du chien (0.5 % d'acide chlorhydrique).

Ce n'est qu'ultérieurement, afin de faire la part exacte de la propeptone dans les manifestations se produisant au cours de ces diverses expériences, que les liquides véhiculaires des solutions propeptonées furent injectés isolément. De ces expériences de contrôle, il résulte que plusieurs des effets constatés au cours des injections de propeptone, et qu'on aurait pu attribuer à la propeptone

elle-même, étaient banaux et dus soit aux conditions expérimentales créées par la vivisection, soit à l'absorption de liquides indifférents.

Il semble plus logique dans l'exposé des expériences de donner tout d'abord le résultat de ces essais de contrôle, de façon que le lecteur, au courant de leurs particularités, puisse juger plus facilement de l'allure communiquée aux phénomènes par l'adjonction de la propeptone.

Un premier contrôle porta sur l'animal subissant les mêmes manipulations opératoires, les mêmes prises de sang, sans qu'il lui soit administré de liquide quelconque dans l'intestin.

Ci-dessous le protocole d'une telle expérience :

Chien de 6 kilogrammes.

Préparation opératoire semblable à celle des animaux destinés aux expériences d'absorption intestinale.

A 10 h. 17 m., prise de sang, coagulé à 10 h. 24 1/2 m.; 17,000 leucocytes; pression carotidienne : 16^{cm},1.

A 10 h. 58 m., prise de sang, coagulé à 11 h. 4 m.; 18,800 leucocytes; pression carotidienne : 16^{cm},2.

A 11 h. 25 m., prise de sang, coagulé à 11 h. 28 m.; 26,900 leucocytes; pression carotidienne : 16 centimètres.

A 12 h. 21 m., prise de sang, coagulé à 12 h. 23 m.; 32,500 leucocytes; pression carotidienne : 13^{cm},9.

A 14 h. 52 m., prise de sang, coagulé à 14 h. 53 m.; 56,500 leucocytes; pression carotidienne : 13^{cm},8.

A 18 h. 9 m., prise de sang, coagulé à 18 h. 10 m.; 74,000 leucocytes; pression carotidienne : 12^{cm},5.

A 18 h. 16 m., injection intraveineuse, en cinq secondes, de 0^{gr},18 de peptone de Witte dissous dans 20 centimètres cubes d'eau salée à 1 ‰.

La pression tombe à 4^{cm},5; un échantillon de sang recueilli cinq minutes après l'injection reste fluide le soir même. Le lendemain matin, il s'est formé un très léger caillot pariétal. Le surlendemain, coagulation presque complète; 8,800 leucocytes par millimètre cube.

Comme on le voit, les simples traumatismes opératoires (1) auxquels est soumis l'animal suffisent pour produire chez lui des modifications portant sur la rapidité de coagulation du sang, le nombre des leucocytes, la pression du sang et la résistance à l'injection brusque de 0^{gr},05 de propeptone dans les veines.

Le sang pris immédiatement après l'opération a un temps de coagulation normal, qui va se raccourcissant progressivement dans la suite. Dès le début de l'observation s'établit une hyperleucocytose qui arrive après huit heures à augmenter le nombre des globules blancs dans le rapport de 1 à 4.5. La pression artérielle se maintient inaltérée pendant deux heures environ, pour subir ensuite une chute graduelle. L'animal n'est pas aussi sensible à l'injection intraveineuse brusque de 0^{gr},05 de peptone que les témoins dont il a été question. Le sang recueilli cinq minutes après l'injection n'est pas complètement fluide pendant vingt-quatre heures au moins.

(1) Au dernier Congrès français de chirurgie, Cazin a cité le résultat d'expériences démontrant que les traumatismes graves portant sur les organes abdominaux produisent rapidement une hyperleucocytose forte chez le chien. (*Semaine médicale*, 1903, n° 43, 351.)

Et d'après une note récente de Stassano, il en serait de même des hémorragies (STASSANO, *Rôle des diverses espèces de leucocytes dans la coagulation du sang* [COMPTES RENDUS DE LA SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE, 20 novembre 1903]).

En résumé, coagulabilité exagérée, hyperleucocytose d'emblée, chute de la pression artérielle, résistance augmentée à l'injection intraveineuse de 0^{gr},05 de propeptone, tels sont les résultats obtenus.

L'influence sur la coagulation peut être le fait en partie des résorptions au niveau des plaies et des saignées; il en est de même de l'hyperleucocytose colossale et de l'ébauche d'immunité propeptonique. La chute de pression est la conséquence surtout de la diminution de la masse du sang due aux saignées, comme le montreront les expériences ultérieures.

Solution de chlorure sodique à 0.5 %.

EXPÉRIENCE I.

Chien de 6^{kg},5.

Injection, en trente-trois minutes, de 325 centimètres cubes de solution.

La pression, primitivement de 16^{cm},6, est à 16^{cm},3 après trente minutes; à 16^{cm},6 après une heure; à 16 centimètres après une heure trente minutes; à 18^{cm},4 après deux heures trente minutes; à 17^{cm},4 après trois heures; à 17 centimètres après six heures dix minutes.

Le nombre des leucocytes passe de 9,200 à 7,600 après trente minutes; 7,800 après une heure; 16,400 après trois heures quarante minutes; 26,500 après six heures.

Une injection intraveineuse, en six secondes, de 0^{gr},195 de peptone dissous dans 20 centimètres cubes de NaCl 1 % abaisse la pression à 9^{cm},4 après une heure trente-cinq minutes, avec relèvement immédiat à 15^{cm},5 après trois minutes. Une prise de sang faite cinq minutes après l'injection se coagule en une minute; 6,700 leucocytes. L'intestin contient quelques centimètres cubes de liquide bilieux.

EXPÉRIENCE II.

Chien de 4^{kg},5.

Injection, en quarante-cinq minutes, de 225 centimètres cubes de solution.

La pression carotidienne, primitivement de 19^{cm},2, est à 20 centimètres après trente minutes; à 21^{cm},8 après une heure; à 17^{cm},6 après deux heures; à 17^{cm},8 après trois heures; à 16^{cm},6 après quatre heures; à 16^{cm},6 après six heures dix minutes.

Le nombre des leucocytes passe de 12,200 à 8,200 après une heure; 6,800 après trois heures dix minutes; 14,800 après quatre heures trente-cinq minutes; 20,300 après six heures.

Une injection intraveineuse de 0^{gr},135 de peptone de Witte, faite en quatre secondes, fait tomber la pression à 3^{cm},4.

Du sang pris après cinq minutes donne le soir même, après une heure, un très léger caillot pariétal; le lendemain matin, coagulation complète; 3,800 leucocytes. L'intestin contient quelques centimètres cubes de liquide bilieux.

EXPÉRIENCE III.

Chien de 7^{kg},5.

Injection, en trente-sept minutes, de 375 centimètres cubes de liquide.

La pression carotidienne, primitivement de 16 centimètres, est à 17^{cm},2 après trente minutes; à 17 centimètres après une heure; à 15^{cm},8 après deux heures; à 16 centimètres après trois heures trente minutes; à 16^{cm},4 après trois heures cinquante minutes.

Le nombre des leucocytes passe de 12,300 à 14,900 après vingt minutes; 16,800 après quarante minutes; 20,400 après une heure quarante-cinq minutes; 20,300 après trois heures trente minutes.

Après trois heures cinquante minutes, injection intraveineuse, en

trois secondes, de 0^{er},225 de peptone de Witte dans 20 centimètres cubes NaCl 1 0/0.

La pression tombe à 5^{cm},2. Une prise de sang, faite cinq minutes après, reste fluide après vingt-quatre heures; 2,400 leucocytes.

Après la mort, on trouve dans l'intestin 40 centimètres cubes de liquide bilieux.

L'observation de ces trois animaux apprend que lorsque la perte de sang, due aux saignées successives, est compensée et au delà par l'absorption d'un liquide salin, la pression du sang ne tombe pas, même dans des expériences de six heures de durée.

L'absorption de l'eau salée semble se faire rapidement. L'animal absorbe facilement 50 centimètres cubes par kilogramme. Cette absorption s'accompagne d'une hausse initiale de la pression artérielle pouvant durer plus ou moins longtemps. Il existe également dans les cas I et II une hypoleucocytose initiale, que nous retrouverons souvent dans toute la série des expériences et qui semble due, en partie tout au moins, à la dilution du sang par le liquide absorbé. Plus tard, c'est une hyperleucocytose qui se produit et qui va s'accroissant jusqu'à tripler environ (après six heures, expérience I) le nombre normal des leucocytes. Chez le chien III, l'hyperleucocytose se constitue d'emblée. Dans les premières heures, il existe probablement un antagonisme, au point de vue de l'influence sur le nombre des leucocytes du sang, entre les conditions créées par l'opération qui agissent d'emblée dans le sens d'une hyperleucocytose, et la dilution du sang par le liquide absorbé, qui tend à produire l'effet opposé. Suivant la prédominance de l'un ou l'autre de ces facteurs, il y aura leucopénie initiale ou hyperleucocytose d'emblée.

Plus tard, l'absorption allant en diminuant pour cesser enfin complètement, ce sera de l'hyperleucocytose qui se produira.

A côté de la dilution du sang, il y a peut-être lieu d'admettre quelquefois une accumulation des leucocytes dans le réseau vasculaire intestinal, au début de l'expérience tout au moins, comme semble l'indiquer le résultat de l'expérience II.

L'influence sur la vitesse de coagulation du sang, non indiquée aux protocoles, est semblable à celle observée chez l'animal qui ne reçoit pas de liquide dans l'intestin.

La résistance à l'injection de 0^{gr},03 de peptone est complète chez le chien I, incomplète chez le chien II, chez lesquels elle fut essayée après six heures, nulle chez le chien III après trois heures cinquante minutes.

Solution de carbonate de soude à 0.25 %.

EXPÉRIENCE I.

Jeune chien de 2^{kg},5, malade, souffrant de diarrhée.

Injection dans l'intestin, en deux heures, de 250 centimètres cubes de solution alcaline.

La pression, primitivement de 12^{cm},2, atteint la valeur de 13^{cm},2 après une heure; 13^{cm},7 après deux heures; 13^{cm},7 après quatre heures; 14^{cm},5 après cinq heures vingt et une minutes.

Le nombre des leucocytes, de 13,900 après trente minutes, devient 12,300 après une heure; 16,100 après deux heures; 15,800 après trois heures; 22,400 après cinq heures vingt minutes.

A ce moment, immunité complète à l'injection de 0^{gr},03 de peptone par kilogramme.

L'intestin est trouvé vide.

EXPÉRIENCE II.

Chien de 4^{kg},5.

Injection dans l'intestin, en une heure trente minutes, de 450 centimètres cubes de solution alcaline.

La pression artérielle, primitivement de 14^{cm}.4, est de 15 centimètres après quinze minutes; 14^{cm}.8 après trente minutes; 14^{cm}.6 après une heure; 14^{cm}.3 après deux heures; 14^{cm}.4 après trois heures; 14^{cm}.2 après quatre heures trente minutes; 13^{cm}.9 après cinq heures.

Le nombre des leucocytes, de 17,100, devient 12,400 après trente minutes; 16,100 après une heure; 18,000 après deux heures; 30,000 après cinq heures.

A ce moment, injection intraveineuse brusque de 0^{gr}.03 de peptone par kilogramme. Le sang recueilli cinq minutes après donne, après plusieurs heures, un caillot pariétal faible qui ne se développe pas dans les vingt-quatre heures.

L'intestin est trouvé vide.

EXPÉRIENCE III.

Chien de 7^{kg},5.

Injection, en deux heures trente minutes, de 750 centimètres cubes.

La pression artérielle descend de 17^{cm}.9 à 14^{cm}.6 après trois heures (l'animal est très agité pendant tout ce temps) et remonte ensuite graduellement à 16^{cm}.6 après cinq heures.

Le nombre des leucocytes, de 12,000, devient 10,800 après trente minutes; 13,500 après deux heures trente minutes; 17,000 après trois heures quarante-cinq minutes; 19,700 après cinq heures.

A ce moment, injection intraveineuse brusque de 0^{gr}.03 de peptone. Le sang recueilli cinq minutes après reste fluide pendant vingt-quatre heures, à part un très léger caillot pariétal qui se développe tardivement.

L'intestin est trouvé vide, sauf 10 à 15 centimètres cubes de liquide bilieux dans le duodénum.

EXPÉRIENCE IV.

Chien de 10 kilogrammes.

Injection, en une heure, de 500 centimètres cubes de la solution alcaline.

La pression, primitivement de 17^{cm},6, s'élève jusqu'à 19^{cm},2 pendant les trente premières minutes. A ce moment, hémorragie accidentelle de 40 à 50 centimètres cubes. La pression tombe à 16 centimètres.

Elle est de 15^{cm},6 après deux heures; 16^{cm},3 après trois heures; 15^{cm},7 après trois heures trente minutes; 15^{cm},4 après cinq heures quarante-cinq minutes.

Le nombre des leucocytes, de 13,400, tombe à 9,800 après trente minutes, puis monte à 10,200 après une heure; 10,900 après deux heures; 12,500 après trois heures trente minutes; 19,500 après cinq heures quarante-cinq minutes.

A ce moment, aucune immunité à l'injection brusque de 0gr,03 de peptone par kilogramme.

On trouve l'intestin vide.

Dans leur ensemble, les résultats de l'absorption du liquide alcalin sont semblables à ceux produits par la solution de chlorure sodique.

Pression artérielle peu ou pas influencée; hypoleucocytose suivie d'hyperleucocytose; coagulabilité du sang augmentée. La résistance à l'injection intraveineuse brusque se retrouve complète chez le chien I, nulle ou très faible chez les trois autres. Il est difficile d'établir s'il s'agit d'une différence spécifique entre le chlorure et le carbonate sodiques ou de variations individuelles d'un animal à l'autre. Je serais tenté d'attribuer à l'alcalinité de la solution une action favorisant à l'égard des effets anticoagulants de l'injection finale de propeptone.

Comme le prouvent les protocoles, les animaux sont

en état d'absorber facilement 100 centimètres cubes de liquide alcalin par kilogramme.

Il semble donc que l'absorption des solutions salines neutres et alcalines influence peu l'évolution des phénomènes. Les animaux ainsi traités se comportent, au point de vue de la coagulabilité du sang, de l'évolution leucocytaire et de la résistance à l'immunité propeptonique, à peu près comme ceux auxquels on n'administre rien par l'intestin.

Ils se trouvent seulement placés dans de meilleures conditions de résistance à l'influence dépressive exercée sur la pression artérielle par les conditions opératoires d'une part, les saignées répétées de l'autre.

Au point de vue plus spécial de l'immunité à l'injection intraveineuse de 0^{gr},05, on constate que cinq à six heures après le début de l'expérience, il existe quelquefois de l'immunité complète, beaucoup plus souvent incomplète, quelquefois nulle. Il est probable que cette immunité s'établit tardivement, qu'elle serait presque toujours inexistante après deux ou trois heures, et qu'enfin l'alcalinité de la solution est une condition plutôt défavorable à son établissement.

Acide chlorhydrique à 0.5 %.

EXPÉRIENCE I.

Chien de 8 kilogrammes.

Injection, en trois heures cinquante minutes, de 800 centimètres cubes d'eau acidulée.

La pression artérielle descend de 18^{cm},2 à 13^{cm},4 en deux heures, puis remonte à 19^{cm},2 au bout de six heures quarante-cinq minutes.

Le nombre des leucocytes primitivement de 14,800 est encore de 14,800 après trente minutes; 15,000 après une heure; 22,200 après deux heures vingt minutes; 25,600 après trois heures dix minutes; 33,400 après cinq heures quarante minutes.

A ce moment, immunité complète à l'injection brusque de 0^{gr},03 de peptone par kilogramme.

L'animal a eu au cours de l'expérience une évacuation intestinale liquide (après trois heures quarante-cinq minutes). Il reste dans son intestin, après la mort, 300 centimètres cubes de liquide légèrement acide.

EXPÉRIENCE II.

Chien de 5 kilogrammes.

Injection, en une heure, de 250 centimètres cubes d'eau acidulée.

La pression, influencée avant le début de l'injection par une résorption de sulfate magnésique (manomètre), tombe de 15^{cm},3 à 13^{cm},4 après une heure trente-six minutes, pour remonter ensuite graduellement à 17^{cm},5 après trois heures trente minutes.

Le nombre de leucocytes, de 12,400, devient 11,500 après trente minutes; 13,800 après une heure; 21,400 après deux heures dix minutes; 26,800 après trois heures trente minutes.

A ce moment, immunité complète à l'injection brusque de 0^{gr},03 de peptone.

L'animal a eu pendant l'expérience (après trois heures) une évacuation intestinale liquide. Après la mort, on retire de l'intestin 110 centimètres cubes de liquide légèrement acide.

EXPÉRIENCE III.

Chien de 8 kilogrammes.

Injection, en trois heures dix minutes, de 400 centimètres cubes d'eau acidulée.

La pression artérielle descend de 18^{cm},4 à 15 centimètres en quarante-cinq minutes, pour remonter ultérieurement à 16^{cm},5 (après trois heures cinquante-cinq minutes).

Le nombre des leucocytes passe de 12,500 à 15,600 après trente minutes; 25,800 après deux heures quinze minutes; 27,500 après trois heures cinquante minutes.

Après trois heures cinquante-cinq minutes, injection, en huit secondes, de 4^{gr},6 de peptone de Witte dissous dans 20 centimètres cubes de NaCl à 1 %. Le sang recueilli après cinq minutes donne après quinze minutes un caillot pariétal mou, important, qui s'autolyse le lendemain. Des prises de sang ultérieures donnent le même résultat.

La pression tombe à 4^{cm},6, le nombre des leucocytes à 2,500.

Au cours de l'injection intra-intestinale, l'animal a évacué à plusieurs reprises par l'anus du liquide acide. La première selle après vingt-deux minutes. Après la mort, l'intestin est trouvé vide.

EXPÉRIENCE IV.

Chien de 7 kilogrammes.

Injection, en une heure cinq minutes, de 300 centimètres cubes d'eau acidulée.

La pression artérielle tombe de 18^{cm},8 à 9^{cm},8 après une heure treize minutes, pour remonter à 12 centimètres après deux heures dix-huit minutes.

Le nombre des leucocytes passe de 19,400 à 14,200 après trente minutes; 14,800 après une heure vingt minutes; 20,100 après deux heures douze minutes.

Après deux heures dix-huit minutes, injection, en huit secondes, de 4^{gr},4 de peptone dissous dans 20 centimètres cubes de NaCl à 1 %. Le sang recueilli après cinq minutes donne après deux minutes un caillot pariétal faible, qui n'augmente plus ultérieurement et est autolysé le lendemain.

La pression tombe à 3^{cm},7, le nombre de leucocytes à 900.

Au cours de l'expérience, l'animal a eu plusieurs évacuations intestinales, alternant avec des efforts de vomissement. La première, trente minutes après le début de l'injection intra-intestinale. Après la mort, il reste 65 centimètres cubes de liquide acide dans l'intestin.

La lecture des protocoles indique immédiatement une différence notable dans la façon de se comporter des animaux qui reçoivent de l'acide chlorhydrique, comparés à ceux auxquels on administre les solutions salines.

L'acide chlorhydrique pur à 0.5 % semble être un irritant très puissant de l'intestin du chien. Il pénètre difficilement (spasme du pylore) dans l'intestin et est évacué rapidement. Bien que les volumes de liquide acide injectés ne fussent pas supérieurs à ceux utilisés plus haut, il y eut régulièrement un effet purgatif, quelquefois émétique, qui s'établit très tôt dans les expériences III et IV. Même quand le liquide n'est évacué qu'en petite quantité, il semble que son absorption soit très lente (expériences I et II).

Quant aux effets sur le sang et la pression artérielle, il existe aussi des différences notables.

Au point de vue de la vitesse de coagulation et de l'évolution des leucocytes, rien de spécifique.

La pression artérielle est influencée dans tous les cas. Chute notable dans les quatre expériences, très rapide et profonde au numéro IV surtout, se relevant dans la suite.

Il est difficile, sans pousser plus loin l'analyse expérimentale du phénomène, d'assigner une cause à l'action marquée de l'acide chlorhydrique sur la pression artérielle.

Faut-il, comme le font Enriquez et Hallion (1), établir un parallèle entre cette chute et le passage éventuel d'une certaine quantité de sécrétine dans la circulation? Ou bien l'acide absorbé exerce-t-il sur la paroi vasculaire une action dépressive analogue à celle de la peptone? Cette seconde hypothèse pourrait être émise *a priori*, étant donnée la propriété que possède l'acide de produire l'immunité propeptonique en injection intraveineuse. Cette immunité ne provient pas d'une action chimique sur l'alcalinité du sang, puisque, ainsi que le démontrèrent Ellinger et Spiro (2), elle n'est pas atténuée par l'injection ultérieure de la quantité équivalente d'alcali. Elle est peut-être la conséquence d'une affinité de l'acide pour les éléments histologiques qui sont touchés par la peptone, les leucocytes et la paroi vasculaire. Pour trancher la question, il faudrait reprendre l'étude des injections d'acide dans les vaisseaux. Je n'ai pu trouver dans la littérature d'indications sur ce point.

Une autre particularité des chiens qui ont reçu de l'acide, c'est qu'ils jouissent déjà après trois heures trente minutes (chien II) d'une immunité complète à l'injection intraveineuse brusque de la dose par kilogramme de

(1) ENRIQUEZ et HALLION (*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1903, n° 6) ont également obtenu un effet dépressif sur la pression artérielle par injection d'acide chlorhydrique dans le sang. Ils le rapprochent de la chute artérielle que produit l'injection intraveineuse de sécrétine (Bayliss et Starling).

(2) ELLINGER et SPIRO, *Der Antagonismus gerinnungsbefördernder und gerinnungshemmender Stoffe im Blute und die sogenannte Peptonimmunität*. (ZEITSCHRIFT FÜR PHYSIOLOGISCHE CHEMIE, 1897, XXIII, 124.)

0^{gr},03 de peptone de Witte. Les deux chiens III et IV, qui éliminèrent malheureusement par l'anus la plus grande partie de l'acide injecté, furent essayés dans leur résistance à la dose de 0^{gr},2. Tous deux présentèrent une immunité incomplète.

La résistance à l'injection intraveineuse ultérieure des peptones est donc bien plus marquée chez les chiens auxquels fut administré l'acide chlorhydrique que chez les précédents.

Les injections intra-intestinales d'acide se distinguent donc des injections salines par leur action dépressive sur la pression et par l'immunité propeptonique bien caractérisée qu'elles confèrent.

Solution de peptone de Witte dans l'eau salée à 0.5 %.

EXPÉRIENCE I.

Chien de 6 kilogrammes.

Injection, en trois minutes, de 150 centimètres cubes de solution à 10 %.

La pression artérielle tombe de 18^{cm},6 à 17^{cm},8 en deux heures dix minutes.

Le nombre des leucocytes passe de 8,500 à 9,900 après quarante minutes; 13,700 après une heure quinze minutes; 19,100 après deux heures.

Après deux heures dix minutes, il n'existe aucune immunité à l'injection intraveineuse brusque de 0^{gr},03 de peptone par kilogramme.

Après trois heures, on retire de l'intestin 2^{gr},64 de peptone, contenus dans 44 centimètres cubes de liquide (6 %).

EXPÉRIENCE II.

Chien de 8 kilogrammes.

A 15 h. 18 m., prise de sang, coagulé à 15 h. 21 $\frac{1}{2}$ m.; 7,000 leucocytes. Pression artérielle : 21 centimètres.

De 15 h. 21 m. à 15 h. 41 m., injection dans l'intestin de 200 centimètres cubes de solution à 20 % de peptone.

La pression artérielle descend régulièrement de 21 centimètres jusque 14^{cm},7 à 16 h. 42 m., puis remonte progressivement à 19 centimètres (à 18 h. 36 m.). L'animal s'agite beaucoup.

A 15 h. 53 m., prise de sang, coagulé à 15 h. 55 $\frac{1}{2}$ m.; 6,700 leucocytes.

A 16 h. 21 m., prise de sang, coagulé à 16 h. 23 $\frac{1}{2}$ m.; 7,100 leucocytes.

A 17 h. 33 m., prise de sang, coagulé à 17 h. 37 $\frac{1}{2}$ m.; 14,500 leucocytes.

A 18 h. 29 m., prise de sang, coagulé à 18 h. 34 $\frac{1}{2}$ m.; 18,500 leucocytes.

A 18 h. 36 m., injection, en cinq secondes, de 20 centimètres cubes de solution physiologique contenant 0^{gr},24 de peptone de Witte.

A 18 h. 40 $\frac{1}{2}$ m., prise de sang, caillot complet mou à 19 h. 15 m.; 2,500 leucocytes.

A 18 h. 45 m., on tue l'animal et on retire de l'intestin 11^{gr},2 de peptone contenus dans 100 centimètres cubes de liquide (11.2 %).

EXPÉRIENCE III.

Chien de 5^{kg},5.

Injection, en huit minutes, de 125 centimètres cubes de solution à 20 %.

La pression artérielle monte d'abord de 17^{cm},7 à 18 centimètres

après quatorze minutes. Elle se met ensuite à descendre régulièrement jusqu'à 11^{cm},6 après deux heures quinze minutes.

Le nombre des leucocytes varie de 11,000 à 10,200 après trente minutes; 11,000 après une heure; 18,500 après deux heures.

Après deux heures quinze minutes, injection intraveineuse brusque de 0^{sr},03 par kilogramme. Le sang recueilli cinq minutes et demie après se coagule complètement en seize minutes; il contient 4,000 leucocytes par millimètre cube.

Le chien est tué après deux heures quinze minutes; on retire de l'intestin 8^{sr},36 de peptone contenus dans 80 centimètres cubes de liquide (10.4 ‰).

EXPÉRIENCE IV.

Chien de 7 kilogrammes.

Injection, en deux heures, de 350 centimètres cubes de solution à 20 ‰.

La pression artérielle tombe graduellement de 17^{cm},8 à 12^{cm},6 en trois heures et puis remonte pour arriver à 18^{cm},5 après cinq heures.

Le nombre des leucocytes passe de 11,900 à 16,000 après trente minutes; 17,200 après une heure; 24,000 après deux heures; 35,200 après cinq heures.

A ce moment, injection intraveineuse brusque de 0^{sr},03 par kilogramme.

Le sang recueilli cinq minutes après donne au bout de plusieurs heures un léger caillot pariétal, qui augmente dans les vingt-quatre heures, sans arriver à devenir complet.

L'animal est tué quelques minutes après, et l'on retire de l'intestin 7^{sr},4 de peptone contenus dans 185 centimètres cubes de liquide (4 ‰).

Si l'on examine les résultats fournis par ces quatre

expériences, on constatera que pour ce qui est de l'évolution du nombre des leucocytes, il n'existe pas de différences bien nettes entre les animaux en digestion intestinale de propeptone et ceux qui ont reçu des liquides salins. A considérer les protocoles de près, on arrive cependant à l'impression générale que l'hyperleucocytose s'établit plus tôt chez les premiers et atteint généralement des chiffres plus élevés. Mais il faudrait, pour étudier rigoureusement cette évolution, une méthode moins sanglante, ne produisant pas à elle seule d'augmentation aussi appréciable du nombre des leucocytes. On sait d'ailleurs que dans la digestion normale des albuminoïdes, il se produit régulièrement de l'hyperleucocytose.

C'est une impression du même genre que l'on acquiert au sujet de l'action de la digestion intestinale de la propeptone sur la coagulabilité du sang. Chez les animaux témoins absorbant des liquides salins, il y a, comme il a été dit plus haut, d'habitude une augmentation progressive de la coagulabilité, se marquant par une rapidité de plus en plus grande de la prise en caillot. Après absorption de peptone, la coagulabilité est influencée dans le même sens, mais d'une façon beaucoup plus prompte et surtout plus régulière.

Mais ce qui caractérise réellement les injections intestinales de propeptone, c'est que lorsque la dose injectée et absorbée est suffisante, il y a une chute marquée et constante de la pression artérielle. Nulle dans l'expérience I, où 15 grammes furent injectés à un chien de 6 kilogrammes et où après trois heures seulement 12^{gr},5 avaient été absorbés, la chute de pression artérielle est bien manifeste dans les expériences II, III, IV. Il en

sera donné encore de nombreux exemples dans la série d'animaux ayant reçu de la propeptone en solution alcaline.

Cette chute de pression n'est pas instantanée. Elle ne s'établit qu'au bout d'un temps plus ou moins long et elle met souvent une à deux heures pour atteindre son point le plus déclive, quand il s'agit de doses modérées (5 grammes par kilogramme). Plus tard, la pression remonte et peut atteindre son niveau primitif. La chute est d'autant plus prolongée et la hausse secondaire plus lente à se produire que la dose de propeptone administrée a été plus considérable. Quand l'administration de propeptone est continuée, la pression ne se relève pas; on peut même la déprimer encore davantage. Seulement, passé une certaine limite, il se produit de la diarrhée. En général, les chiens supportent 10 grammes par kilogramme administrés en solution neutre ou alcaline. Ils absorbent remarquablement vite ces fortes quantités. Dans l'expérience IV, après cinq heures, on retrouve chez un chien de 7 kilogrammes qui a reçu 70 grammes de peptone de Witte, 7^{gr},4 de ce produit. Cette dose produit cependant quelquefois de la diarrhée, et la même diarrhée se produisit chaque fois qu'on voulut administrer des quantités plus considérables en solution alcaline.

Il sera reparlé de la chute de pression artérielle à propos des chiens injectés de peptone alcaline.

Un autre point intéressant à considérer chez les quatre animaux précités, c'est l'immunité propeptonique.

Elle est nulle chez le n° I, complète à la dose de 0^{gr},03 chez II et III, très faible chez IV.

Et cependant le dernier animal a absorbé une quantité

de peptone beaucoup plus considérable que les deux précédents. Seulement l'immunité fut recherchée chez ceux-ci bien plus tôt : après trois heures quinze minutes chez II, après deux heures quinze minutes chez III, après cinq heures chez IV. Or c'est chez III qu'elle est la plus marquée, chez le chien où l'injection intraveineuse fut faite au moment où la pression artérielle, influencée par l'absorption intestinale de propeptone, était à son minimum et allait commencer à remonter. Ce minimum de pression artérielle correspond probablement au maximum de vitesse d'absorption. Qu'on veuille bien remarquer d'ailleurs qu'après ce temps, le chien avait déjà absorbé 16^{gr},6, soit les deux tiers de la quantité de peptone qu'on lui avait administrée.

Au contraire, chez IV, où il y avait peu ou pas d'immunité propeptonique, la pression était relevée depuis longtemps quand fut faite l'injection intraveineuse.

Nous observons donc ici l'inverse de ce qui fut constaté chez les chiens pourvus d'eau salée. Chez ces derniers, l'immunité s'établit tardivement (après cinq à six heures) : elle n'existe pas après trois heures. Chez les chiens nourris de propeptone, la résistance à l'injection intraveineuse est le plus forte au moment où la pression est au plus bas (et l'absorption de propeptone maximale); elle s'atténue plus tard. On est en droit de considérer comme spécifique cette immunité précocce, tandis que les états de résistance tardifs sont à mettre sur le même pied que ceux qu'on obtient après cinq à six heures chez les animaux témoins.

Solution alcaline (Na_2CO_3 0.25 %) de peptone de Witte.

EXPÉRIENCE I.

Chien de 4 kilogrammes.

Injection, en dix minutes, dans l'intestin, de 80 centimètres cubes d'une solution alcaline à 5 % de peptone de Witte. La pression artérielle baisse peu de temps après. Elle descend de 13^{cm},6 à 9^{cm},9 au bout d'une heure. A ce moment, le nombre des leucocytes est tombé de 6,300 à 2,300. Plus tard, la pression remonte et atteint 13^{cm},4 après trois heures. Il y a à ce moment 9,400 leucocytes par millimètre cube.

Une nouvelle injection de même valeur produit une chute plus faible de la pression avec hausse consécutive. L'hyperleucocytose s'affirme après cinq heures et demie (comptées à partir du début de la première injection); il y a 16,800 leucocytes.

Le chien est tué après six heures. L'intestin est vide.

EXPÉRIENCE II.

Chien de 5^{kg},5.

Injection, en six minutes, dans l'intestin, de 165 centimètres cubes de solution alcaline à 10 % de peptone.

La pression artérielle s'élève d'abord légèrement : de 15^{cm},4 à 15^{cm},7. A partir de quarante-cinq minutes, elle descend. Minimum : 12^{cm},8 après une heure. Ultérieurement, elle remonte à 15^{cm},2 après deux heures quarante-cinq minutes.

Le nombre des leucocytes passe de 11,600 à 9,200 après quinze minutes; 10,600 après trente minutes; 14,900 après soixante minutes; 32,100 après deux heures quarante-cinq minutes.

A ce moment, le chien ne présente aucune immunité vis-à-vis de l'injection intraveineuse brusque de la dose de 0^{gr},20 par kilogramme.

L'intestin, ouvert après cinq heures vingt minutes, ne contient que 10 centimètres cubes environ d'un liquide muqueux teint par la bile.

EXPÉRIENCE III.

Jeune chien de 3^{kgr},5.

Injection, en une minute, de 105 centimètres cubes de solution alcaline à 10 % de peptone.

La pression, qui s'est légèrement élevée immédiatement après, commence à tomber après quinze minutes. Elle descend de 18^{cm},6 à 16^{cm},2 après une heure.

Le nombre des leucocytes passe de 10,500 à 9,900 après six minutes; 9,600 après seize minutes; 12,600 après trente minutes; 13,800 après une heure.

A ce moment, aucune immunité à l'injection brusque de 0^{gr},20 par kilogramme.

Une heure quinze minutes après l'injection intra-intestinale, on retire de l'intestin 13 centimètres de liquide contenant 0^{gr},65 de peptone (5 %).

EXPÉRIENCE IV.

Chien de 4^{kgr},5.

Injection, en onze minutes, de 180 centimètres cubes de solution alcaline à 10 %.

La pression s'élève légèrement pendant les quinze premières minutes (de 17^{cm},2 à 17^{cm},4) et commence à tomber après trente-cinq minutes. Minimum, après une heure quarante minutes, 12^{cm},4.

Le nombre des leucocytes passe de 8,000 à 6,300 après quinze minutes; 9,200 après trente-cinq minutes; 13,000 après deux heures.

Après deux heures quinze minutes, aucune immunité à l'injection brusque de 0^{gr},20 par kilogramme.

Après deux heures quarante-cinq minutes, on retire de l'intestin 19 centimètres cubes environ de liquide muco-bilieux.

EXPÉRIENCE V.

Chien de 7 kilogrammes.

Injection, en une heure vingt-sept minutes, de 200 centimètres cubes de solution alcaline à 10 %.

La pression s'élève de 19^{cm},2 à 20^{cm},4. Après une heure dix minutes, elle se met à descendre. Après trois heures, elle est de 13^{cm},2. Elle remonte ultérieurement et oscille entre 15 et 17 centimètres.

L'hyperleucocytose s'établit d'emblée; le nombre des leucocytes passe de 20,900 à 23,700 après onze minutes; 28,200 après vingt six minutes; 54,000 après cinq heures trente minutes.

A ce moment, aucune immunité à l'injection intraveineuse de 0^{gr},2 de peptone.

Après six heures, on retire de l'intestin 110 centimètres cubes de liquide contenant 4^{gr},64 de peptone (4.2 %).

EXPÉRIENCE VI.

Chien de 4 kilogrammes.

Injection, en deux heures quarante-cinq minutes, de 360 centimètres cubes de solution alcaline à 10 %.

La pression artérielle s'élève d'abord de 15^{cm},2 à 16 centimètres, puis subit à partir de la quarante-cinquième minute une chute lente et faible jusqu'à 13^{cm},8 (après une heure cinquante minutes). Elle remonte ensuite jusqu'à 16 centimètres (après quatre heures quinze minutes).

Le nombre des leucocytes tombe de 28,200 à 25.700 après douze minutes; 23,200 après trente minutes; 24,000 après soixante minutes; s'élève ensuite à 28,100 (deux heures); 40,000 (quatre heures vingt minutes).

A ce moment, il n'existe aucune immunité à l'injection intraveineuse brusque de 0^{gr},2 par kilogramme.

Après deux heures quarante-cinq minutes, on retire de l'intestin 55 centimètres cubes de liquide contenant 2^{gr},24 de peptone (4.07 %).

EXPÉRIENCE VII.

Chien de 3^{kg}, 5.

A 11 h. 56 m., prise de sang, coagulé à 12 h. 3 ¹/₂ m.; 20,500 leucocytes.

Pression artérielle : 16^{cm}, 6.

De 12 h. 5 m. à 12 h. 12 m., injection dans l'intestin de 400 centimètres cubes de solution alcaline à 10 % de peptone de Witte; de 12 h. 23 m. à 12 h. 50 m., idem; de 14 h. 35 m. à 14 h. 53 m., idem.

A 12 h. 19 m., prise de sang, coagulé à 12 h. 20 m.; 15,400 leucocytes.

Pression artérielle : 17^{cm}, 2.

A 12 h. 34 m., prise de sang, coagulé à 12 h. 35 m.; 15,700 leucocytes.

Pression artérielle : 15^{cm}, 8.

A 12 h. 59 m., prise de sang, coagulé à 12 h. 59 ¹/₂ m.; 23,700 leucocytes.

Pression artérielle : 16^{cm}, 3.

A 13 h. 16 m., pression artérielle : 13^{cm}, 8.

A 14 h. 15 m., pression artérielle : 13 centimètres.

A 14 h. 32 m., prise de sang, coagulé à 14 h. 33 m.; 39,300 leucocytes.

Pression artérielle : 12 centimètres.

A 15 h. 53 m., prise de sang, coagulé à 15 h. 54 ¹/₂ m.; 54,400 leucocytes.

Pression artérielle : 10^{cm}, 4.

A 16 h. 46 m., prise de sang, coagulé à 16 h. 47 m.; 69,000 leucocytes.

Pression artérielle : 7^{cm}, 6. L'animal est resté calme pendant toute la durée de l'expérience.

A 16 h. 49 m., on injecte, en onze secondes, dans la jugulaire droite 20 centimètres cubes de solution physiologique contenant 0^{gr}, 7 de peptone de Witte. Agitation modérée; chute de la pression à 3^{cm}, 2.

A 16 h. 54 m., prise de sang, coagulé à 17 h. 16 m.; 10,800 leucocytes.

A 17 heures, prise de sang, coagulé à 18 heures.

A 17 h. 14 m., prise de sang, coagulé à 17 h. 34 m.; pression artérielle : 7^{cm}.9.

On tue le chien à ce moment. Le gros intestin est vide. Le grêle renferme 46 centimètres cubes de liquide muco-bilieux, qui contiennent 1^{gr},09 de peptone (2.38 %).

EXPÉRIENCE VIII.

Chien de 7 kilogrammes.

Injection, en deux heures, de 465 centimètres cubes de solution alcaline à 20 % de peptone.

La pression tombe lentement de 15^{cm},6 à 13^{cm},7 après quatre heures quinze minutes.

Le chiffre des leucocytes va lentement croissant de 12,500 à 33,200 après quatre heures quinze minutes.

A ce moment, aucune immunité à l'injection intraveineuse brusque de 0^{gr},2 par kilogramme.

Après quatre heures trente minutes, on retire de l'intestin 27^{gr},34 de peptone contenus dans 280 centimètres cubes de liquide (9.8 %).

EXPÉRIENCE IX.

Chien de 5 kilogrammes.

Injection, en quarante-cinq minutes, de 250 centimètres cubes de solution alcaline à 20 %.

La pression artérielle monte de 15^{cm},9 à 16^{cm},4 après quarante minutes et subit, à partir de ce moment, une chute progressive jusque 12 centimètres après cinq heures.

Le nombre des leucocytes tombe de 7,100 à 6,000 après trente minutes; 5,500 après une heure; monte à 14,300 après deux heures; 23,000 après quatre heures; 25,200 après cinq heures.

A ce moment, injection intraveineuse brusque de 0^{sr},03 de peptone.

Le sang recueilli cinq minutes après donne un très léger caillot pariétal après quelques heures, qui n'augmente pas dans la suite.

Après cinq heures quinze minutes, on retire de l'intestin 9^{sr},6 de peptone contenus dans 120 centimètres cubes de liquide (8 01 %).

EXPÉRIENCE X.

Chien de 3 kilogrammes.

Injection, en trois heures vingt minutes, de 300 centimètres cubes de solution alcaline à 10 %.

La pression artérielle descend de 14^{cm},3 à 11^{cm},9 après une heure trente minutes, remonte ensuite à 14^{cm},2 après trois heures trente minutes, et redescend à 11^{cm},7 après quatre heures trente minutes.

Le nombre des leucocytes varie de 15,500 à 13,600 après trente minutes; 11,800 après une heure; 16,600 après quatre heures; 19,600 après quatre heures trente minutes.

A ce moment, injection intraveineuse brusque de 0^{sr},03 de peptone par kilogramme. Le sang recueilli cinq minutes après donne un caillot pariétal après quelques heures, qui se complète dans les vingt-quatre heures.

Après quatre heures quarante-cinq minutes, on retire de l'intestin 4^{sr},76 de peptone contenus dans 85 centimètres cubes de liquide (5.6 %).

Dans les expériences XI, XII, XIII, XIV, XV, l'injection dans l'intestin de quantités considérables de peptone en solution alcaline a provoqué de la diarrhée. Il fut impossible par conséquent d'évaluer la quantité de peptone absorbée. D'autre part, l'irritation intestinale aboutissant à la diarrhée peut avoir exercé une action sur le nombre des leucocytes du sang et la pression artérielle, qui fut très déprimée chez ces animaux.

De sorte qu'il ne sera fait mention que de l'état d'immunité acquise de ces animaux.

EXPÉRIENCE XI.

Chien de 3 kilogrammes.

90 grammes de peptone en cinq heures quarante-cinq minutes. Après six heures quarante-cinq minutes, pas d'immunité à la dose de 0^{gr},2 par kilogramme.

EXPÉRIENCE XII.

Chien de 4^{kg},5.

50 grammes de peptone en deux heures. Après trois heures trente minutes, immunité faible à l'injection intraveineuse brusque de 0^{gr},03 par kilogramme.

EXPÉRIENCE XIII.

Chien de 3^{kg},5.

98 grammes de peptone en quatre heures quarante minutes. Après cinq heures quarante minutes, aucune immunité à l'injection brusque de 0^{gr},2 par kilogramme.

EXPÉRIENCE XIV.

Chien de 4 kilogrammes.

Injection en une heure sept minutes de 40 grammes de peptone. Après trois heures quarante minutes, aucune immunité à l'injection de 0^{gr},2 par kilogramme.

EXPÉRIENCE XV.

Chien de 4^{kg},5.

Injection, en sept heures trente minutes, de 99 grammes de peptone. Après huit heures dix minutes, immunité incomplète à l'injection intraveineuse brusque de 0^{gr},2 par kilogramme.

Dans leur ensemble, les résultats obtenus sont la répétition de ceux fournis par l'administration de la solution neutre de propeptone. Il y a quelques particularités dignes d'être relevées :

L'expérience I montre que la chute de pression artérielle peut s'obtenir avec la dose faible de 4 gramme par kilogramme, à condition d'injecter rapidement une solution diluée du produit en quantité suffisante. Il est probable que, dans ces conditions, l'absorption de la propeptone se fait plus rapidement.

Les expériences III et VI montrent avec quelle rapidité la propeptone peut, chez certains animaux, disparaître de l'intestin. Dans la première, 3 grammes environ par kilogramme et par heure. Dans la seconde, 55^{gr},8 disparaissent en deux heures quarante-cinq minutes chez un chien de 4 kilogrammes, soit encore 3 grammes par kilogramme-heure.

Enfin l'expérience VII rappelle complètement dans son allure générale celles qui portent sur l'absorption intrapéritonéale de propeptone. Chute aussi profonde de la pression artérielle, immunité complète à l'injection intraveineuse brusque de 0^{gr},2 de produit.

Dans les huit premières expériences de cette série, on éprouva la résistance des animaux à l'injection intraveineuse de 0^{gr},2 de propeptone. Un seul, le septième, présenta l'immunité propeptonique; chez les autres, aucune trace, bien que leur pression artérielle eût été influencée.

Chez les deux derniers, la dose utilisée dans le but de mettre en évidence l'immunité propeptonique fut de 0^{gr},03.

Des deux, c'est le second qui a présenté la plus forte résistance, c'est-à-dire celui qui fut injecté le plus tôt.

Mais sa résistance est moins forte que celle à laquelle on pourrait s'attendre en se basant sur les résultats fournis par les animaux injectés de peptone non alcaline. Il est probable que l'alcali absorbé en même temps que la propeptone atténue quelque peu le degré d'immunité propeptonique.

Enfin, parmi les animaux qui ont eu de la diarrhée, un seul (n° XV) a présenté une immunité incomplète à la dose de 0^{gr},2.

En résumé, les animaux ayant reçu de la propeptone alcaline dans leur intestin ont réagi régulièrement par une chute de pression artérielle plus ou moins prolongée suivant la dose administrée, absolument comparable dans son évolution à celle qui est observée après administration de la propeptone neutre. Bien constante quand l'absorption est normale, cette chute n'est cependant pas exagérée; la pression ne tombe jamais en dessous de 10 centimètres cubes. Il n'existe qu'une seule exception (abstraction faite du chien I dont la pression initiale était faible), c'est celle du chien VII, dont la pression tomba à 7^{cm},6. A ce point de vue, cet animal se comporta complètement comme ceux qui reçoivent une injection lente de propeptone dans les veines, soit directement, soit par l'intermédiaire du péritoine. Au point de vue de l'immunité propeptonique, les résultats prouvent que si l'on peut assez facilement (voir série propeptone neutre) conférer par absorption intestinale de propeptone l'immunité à l'injection intraveineuse de la dose limite 0^{gr},05, il est très rare que la résistance puisse être poussée jusqu'au point de supporter la dose 0^{gr},2.

Dans une dernière série d'expériences, on administra à quatre chiens des solutions à 10 % ou à 20 % de peptone

de Witte, additionnées de 0.5 % d'acide chlorhydrique.
En voici les résultats :

Solution chlorhydrique de peptone (HCl, 0.5 %).

EXPÉRIENCE I.

Chien de 5 kilogrammes.

Injection, en trois heures quatorze minutes, de 500 centimètres cubes de solution chlorhydrique à 10 %.

La pression artérielle monte de 19 centimètres à 19^{cm},2 pendant les dix premières minutes, puis descend progressivement jusque 14^{cm},4 après deux heures vingt minutes. Elle se maintient un peu au-dessus de ce point pendant la suite de l'expérience.

Le nombre des leucocytes est de 15,200 à 15,900 après trente-trois minutes; 16,500 après une heure; 20,900 après deux heures trente minutes; 22,400 après trois heures trente minutes; 22,600 après quatre heures trente minutes.

Après quatre heures quarante minutes, injection intraveineuse brusque de 0^{gr},03. Le sang recueilli après six minutes donne un caillot complet mou après trente minutes.

Le chien est tué et l'on retire de l'intestin 150 centimètres cubes de liquide contenant 13^{gr},6 de peptone (9.06 %).

EXPÉRIENCE II.

Chien de 5^{kg},5.

Injection dans l'intestin, en trente minutes, de 250 centimètres cubes de solution chlorhydrique à 20 %.

La pression artérielle descend graduellement de 17^{cm},1 à 15^{cm},2 après une heure et s'y maintient.

Le nombre des leucocytes, primitivement de 8,700, devient 8,900

après trente minutes; 5,700 après une heure; 8,600 après deux heures; 14,900 après trois heures trente minutes.

Après trois heures quarante-cinq minutes, injection intraveineuse brusque de 0^{gr},03. Le sang recueilli après cinq minutes reste fluide pendant vingt-quatre heures dans sa grande masse, avec un très léger caillot pariétal.

Le chien est tué ensuite. On retire de l'intestin 125 centimètres cubes de liquide contenant 11^{gr},35 de peptone (9.08 %).

EXPÉRIENCE III.

Chien de 5^{kg},5.

Injection dans l'intestin, en une heure cinq minutes, de 250 centimètres cubes de solution chlorhydrique à 20 %.

La pression artérielle tombe de 11^{cm},2 à 9^{cm},7 après 16 minutes, pour remonter graduellement à partir de ce moment à 11^{cm},2 après trente-cinq minutes; 12^{cm},5 après trois heures; 12^{cm},3 après quatre heures.

Avant l'injection, le sang, coagulé en huit minutes, contient 10,800 leucocytes. Une heure après le début de l'injection dans l'intestin, il se coagule en quatre minutes et contient 12,900 leucocytes. Après deux heures, il se coagule en sept minutes et contient 36,500 leucocytes.

Après quatre heures, injection, en cinq secondes, de 0^{gr},03 de peptone par kilogramme. La pression artérielle tombe à 6^{cm},4 après quarante secondes, pour se relever rapidement et atteindre 11^{cm},6 après quatre minutes.

Un échantillon de sang prélevé après cinq minutes se coagule en trois minutes et contient 5,700 leucocytes.

Le chien est tué. On retire de l'intestin 140 centimètres cubes de liquide alcalin contenant 5.23 % de peptone (Kjeldahl) (13.14 %).

EXPÉRIENCE IV.

Chien de 4^{kg},5.

Injection dans l'intestin, en quatre heures quarante-six minutes, de 500 centimètres cubes de solution chlorhydrique à 20 %.

La pression artérielle tombe de 18^{cm},8 à 16^{cm},6 après une heure quinze minutes pour remonter après trois heures à 18^{cm},3. Elle oscille entre ce niveau et 19^{cm},4 pendant la suite de l'expérience.

Le nombre des leucocytes, de 12,400, devient 12,300 après trente minutes; 11,200 après une heure; 14,600 après trois heures; 24,000 après cinq heures trente minutes.

Après cinq heures quarante-cinq minutes, injection intraveineuse, en trois secondes, de 0^{gr},03 par kilogramme de peptone.

Le sang recueilli cinq minutes après se coagule au bout de deux minutes.

Le chien évacue à ce moment une quantité notable de liquide intestinal, qui est recueilli et ajouté à celui que l'on retire immédiatement après de l'intestin. En tout il y en a 230 centimètres cubes, qui contiennent 24^{gr},8 de peptone (10.8 %).

Un premier fait qui ressort de ces essais, c'est que, à l'encontre de ce que l'on aurait pu croire, l'acide chlorhydrique, qui, lorsqu'il est pur, est un irritant si puissant de l'intestin, ne diminue en rien la tolérance de celui-ci aux solutions de propeptone. Bien plus, il l'augmente, du moins quand il est ajouté à la dose de 0.5 % à des solutions à 20 % (1). C'est ainsi que le chien IV a pu supporter sans diarrhée la dose de plus de 20 grammes par

(1) Cette solution ne bleuit le papier rouge congo que d'une manière presque imperceptible.

kilogramme d'animal, double de celle qui constitue la limite de tolérance en solution alcaline.

D'autre part, l'acide chlorhydrique, qui, lorsqu'il est pur, est très mal supporté et absorbé par l'intestin du chien, peut être administré en grande quantité, comme le prouve l'expérience I (100 centimètres cubes par kilogramme), quand il est mélangé à une solution concentrée de peptone. On se trouve ici en présence d'un exemple intéressant de neutralisation plutôt biologique que rigoureusement chimique, dont l'étude détaillée pourrait être fructueuse au point de vue thérapeutique.

Quant à l'absorption de la propeptone acide, elle est extrêmement active. Le chien III a absorbé, en cinq heures trois quarts, la dose énorme de 75^{gr}, 2 de peptone, ce qui fait un peu moins de 3 grammes par kilogramme-heure, avec un effort d'absorption se poursuivant, dans ce cas, pendant cinq heures trois quarts, tandis que dans les deux cas cités précédemment, la durée d'observation n'excède pas deux heures un quart (1).

Au point de vue de l'action sur la pression artérielle de l'absorption intestinale de propeptone chlorhydrique, il y a lieu d'envisager séparément l'expérience I d'une part, les expériences II, III et IV de l'autre.

Dans la première, il y eut chute de pression bien

(1) Une autre particularité fort intéressante, observée surtout chez les chiens III et IV, c'est une pollakiurie et une polyurie très intenses, que ne présentèrent jamais les animaux injectés de peptone alcaline ou neutre.

Ce phénomène est peut-être la conséquence d'une combustion plus rapide de la propeptone, quand elle est absorbée en milieu chlorhydrique.

manifeste, quoique moins intense que celle que l'on obtient d'habitude par l'injection d'une quantité équivalente de peptone neutre ou alcaline. Chez les chiens II, III et IV, elle est extrêmement faible et atteint rapidement sa limite inférieure. Or le liquide injecté chez I contenait un large excédent d'acide libre (0.5 % pour 10 % de peptone), et l'on doit se demander si la chute de pression artérielle observée n'est pas causée par cet acide.

Il est probable donc que le mélange de 0.5 % d'acide chlorhydrique à 20 % de peptone de Witte se rapproche plus de la neutralité biologique que celui qui contient le double d'acide, et l'on peut conclure des expériences II, III et IV qu'aux doses ordinaires (10 grammes de peptone par kilogramme), ce mélange est inactif ou très peu actif sur la pression artérielle, bien que, ainsi acidifiée, la propeptone soit absorbée au moins aussi facilement qu'en solution alcaline ou neutre.

L'explication la plus simple de ce fait très intéressant nous est fournie par une expérience de Spiro et Ellinger, qui, injectant un mélange un peu moins acide (2^{gr},5 de peptone pour 0^{gr},00565 de HCl) dans les veines du chien, n'obtinrent aucun effet sur la coagulation du sang. La propeptone chlorhydrique absorbée dans l'intestin n'agirait donc pas sur la pression, tout comme, injectée dans le sang, elle n'influence pas la coagulation.

On pourrait aussi songer à une autre explication du phénomène.

L'acide chlorhydrique pénétrant dans l'intestin grêle provoque, comme on le sait, une sécrétion pancréatique active. Or il n'est pas indifférent, au point de vue de la

marche d'une digestion intestinale de propeptone, que le milieu intestinal soit riche ou non en trypsine. *A priori*, on peut supposer que si la trypsine est sécrétée en abondance, une plus grande partie de la substance azotée est scindée en ses éléments cristalloïdes et que, partant, l'absorption de la propeptone comme telle se trouve diminuée d'autant.

Pour apprécier la part de ce facteur, il faut nécessairement faire l'étude de l'absorption intestinale des produits cristalloïdes provenant d'une digestion pancréatique poussée à ses dernières limites.

Cette étude est d'ailleurs utile, même au point de vue de l'interprétation des résultats fournis par l'absorption de la peptone neutre ou alcaline, puisque dans ces cas aussi, quoique à un degré probablement moindre, il y a intervention de la digestion pancréatique.

Avant donc d'interpréter le résultat des expériences précédentes, il y a lieu d'exposer les particularités caractéristiques de l'absorption intestinale des substances cristalloïdes. C'est ce qui sera fait dans la seconde partie de ce mémoire.

Pour terminer, je dirai qu'il semble encore résulter des quelques observations précédentes que l'absorption intestinale de propeptone chlorhydrique détermine beaucoup moins nettement que la propeptone alcaline ou neutre l'accélération de la prise du sang en caillot (voir expérience III).

L'immunité propeptonique à la dose de 0^{gr},05 est obtenue le plus souvent, mais il est impossible de dire si elle est due à la propeptone ou à l'acide.

Observations de Léonides faites à Boitsfort en 1905 ;
par Ch. Fiévez.

La première belle nuit pour les observations de Léonides s'est présentée du 15 au 16 novembre.

Les étoiles de cinquième grandeur étaient bien visibles. Les observations ont été faites avant le lever de la Lune. L'humidité et le mauvais temps des nuits précédentes avaient découragé les observateurs habituels.

Le 15 novembre, j'ai observé pendant cinquante minutes, de 25 h. 05 m. à 25 h. 55 m., trois Léonides ; j'étais placé derrière ma fenêtre donnant vers l'Est. J'ai vu, à 25 h. 59 m., un bolide illuminer les arbres.

Le 16 novembre, j'ai surveillé le ciel d'une manière constante pendant deux heures. J'observais dans mon jardin du côté de l'Est et du Sud. J'ai compté, de 0 h. 50 m. à 1 h. 50 m., seize Léonides et une étoile filante sporadique ; de 1 h. 50 m. à 2 h. 50 m., j'ai encore vu dix-huit Léonides et trois sporadiques.

Parmi celles-ci, j'ai compté un bolide paraissant se rattacher aux Léonides. Il émanait de la région des étoiles γ - ξ de la grande Ourse au-dessus de la constellation du Lion. Il brillait d'une lumière blanche jaunâtre ; son éclat égalait au moins trois fois celui de Jupiter. La traînée était très lumineuse, sans persistance. La trajectoire courbe paraissait se montrer en raccourci.

J'ai encore constaté, cette année, que souvent deux ou trois Léonides se suivaient à courts intervalles.

Pendant les observations, le ciel a été en partie couvert, de 1 h. 25 m. à 1 h. 52 m., par le passage d'un banc de cumuli.

Le nombre total de météores observés, pendant deux heures, est de trente-huit. La moyenne horaire pour un observateur a donc été de dix-neuf météores, dont dix-sept Léonides.

Cette moyenne est comparable à celle qui résulte des observations effectuées, le 16 novembre 1901, par MM^{lles} J. et M. Terby.

Il y a eu très probablement, cette année, un passage relativement considérable de Léonides.

ÉLECTIONS.

M. Lancaster est élu membre de la Commission de la Biographie nationale, en remplacement de M. F. Crépin, décédé.

— La Classe procède à l'élection de sa Commission des finances pour 1904. MM. Lancaster et Mourlon sont réélus. MM. Dewalque et Van der Mensbrugghe remplacent MM. Brialmont et Crépin, décédés, et M. Spring est élu en remplacement de M. de Tilly, délégué auprès de la Commission administrative.

COMITÉ SECRET.

La Classe procède à la discussion des titres des candidats présentés pour les places vacantes.



CLASSE DES SCIENCES.

Séance du 15 décembre 1903.

M. P. MANSION, directeur, président de l'Académie.

M. le chevalier EDM. MARCHAL, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. Léon Fredericq, *vice-directeur* ; G. Dewalque, Éd. Van Beneden, C. Malaise, F. Folie, F. Plateau, Jos. De Tilly, Ch. Van Bambeke, Alfr. Gilkinet, G. Van der Mensbrugghe, W. Spring, Louis Henry, M. Mourlon, P. De Heen, C. Le Paige, J. Deruyts, J.-B. Masius, J. Neuberg, A. Lancaster, L. Errera, C. Vanlair, J. Fraipont, *membres* ; P. Pelseneer et Aug. Lameere, *correspondants*.

M. Lagrange écrit pour motiver son absence.

CORRESPONDANCE.

L'Académie royale de médecine remercie pour les invitations à la séance publique qui lui ont été adressées.

Les quatre Universités du pays, ainsi que le jury

central, font savoir qu'aucun docteur en sciences chimiques n'a reçu, cette année, le diplôme légal avec la plus grande distinction. — Conséquemment, le prix Stas ne sera pas décerné.

— M. le Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique transmet une lettre de M. le Prof^r Julin, de l'Université de Liège, demandant à pouvoir occuper, en 1904, la table belge de la station zoologique de Naples.

M. Julin expose dans sa requête, accompagnée d'un rapport détaillé, les raisons pour lesquelles il désire pouvoir compléter les études qu'il a déjà entreprises à Naples, en 1902. — Renvoi pour rapport à MM. Van Beneden, Van Bambeke et Plateau.

— La Classe renvoie à l'avis de M. De Heen une *Note sur la dissociation de la matière*, par le Dr Marcel Monier, à Liège.

— Hommages d'ouvrages :

1° *Prodrome de la théorie mécanique de l'électricité*; par P. De Heen;

2° *Une leçon élémentaire sur le Darwinisme*; par Leo Errera (2^e édition);

3° *De wetenschappelijke grondslagen van den akkerbouw*; door Leo Errera (uit het Fransch door P. de Caluwe);

4° *Die Entwicklung und Bedeutung des Glaskörpers*; par A. Kölliker, associé de l'Académie;

5° *L'état actuel de l'électroculture*; par E. Guarini;

6° *Genera Insectorum*, publiés par P. Wytsman :

Coleioptera serricornia, fam. Buprestidæ; par A. Kerremans, 2^e-4^e parties

— Remerciements.

JUGEMENT DU CONCOURS ANNUEL DE 1904.

SCIENCES MATHÉMATIQUES ET PHYSIQUES.

Trouver, en hauteur et en azimut, les expressions des termes principaux des déviations périodiques de la verticale, dans l'hypothèse de la non-coïncidence des centres de gravité de l'écorce et du noyau terrestres.

Rapport de M. Folie, premier commissaire.

« En réponse à la question du concours que j'ai posée :
« Trouver, en hauteur et en azimut, les expressions des termes principaux des déviations périodiques de la verticale, dans l'hypothèse de la non-coïncidence des centres de gravité de l'écorce et du noyau terrestres », l'Académie a reçu un mémoire portant pour épigraphe ☼ ⊕ ☽.

L'auteur a considéré *exclusivement* les attractions exercées par le Soleil et la Lune sur les centres de gravité du noyau et de l'écorce terrestres comme les *seules* causes des déviations de la verticale.

Il a décomposé chacune des attractions en deux forces, l'une dirigée suivant la ligne qui unit les deux centres (centrobarique), l'autre perpendiculaire à cette ligne. La première produit des déviations réelles, la seconde

des déviations *apparentes* de la verticale, ainsi nommées parce qu'elles seraient absolument sans influence sur la direction de la pesanteur en un lieu déterminé, erreur assez grave, ce me semble.

Partant de là, l'auteur cherche à déduire de ses expressions des déviations *réelles* le rapport des masses du noyau et de l'écorce, ainsi que les coordonnées de la droite qui unit leurs centres; puis enfin les variations en déclinaison et en angle horaire qui en proviennent.

Dans la théorie des déviations *apparentes*, il recherche l'angle décrit dans le plan de l'astre attirant par la ligne des centres et le trouve composé de deux parties, l'une algébrique, l'autre transcendante; cette dernière seule peut agir, et l'auteur pense que de la comparaison de sa formule avec les observations, on pourrait déduire la valeur du coefficient du frottement qui s'exécute entre le noyau et l'écorce, ce qui supposerait non seulement des observations, mais encore des réductions absolument parfaites.

Enfin vient le développement des formules relatives aux oscillations périodiques de l'écorce terrestre, desquelles résultent trois espèces de déviations de la verticale, l'une en azimut, l'autre en déclinaison, la troisième dans le sens E.-W.; puis, pour terminer, les formules demandées des déviations de la verticale en hauteur et en azimut.

Toutes les formules de l'auteur sont excessivement compliquées, et le calcul en serait tellement laborieux qu'il est permis de dire qu'elles ne pourraient nullement être utilisées en astronomie.

Mais surtout la théorie développée est fort incomplète.

J'ai exposé dans le *Bulletin* de l'Académie, spécialement en 1898 et plus tard, quelques réflexions sur les

causes principales des déviations périodiques de la verticale et, en particulier, sur le caractère diurne de ce phénomène. Ce caractère se retrouve bien dans quelques-unes des formules de l'auteur, mais comment n'a-t-il pas songé à développer tout d'abord ce point essentiel de la théorie, et cet autre point, capital encore, le mouvement annuel de l'un des centres relativement à l'autre?

La question n'est donc pas résolue, ni théoriquement ni pratiquement. Ce que demandent les astronomes, ce sont des expressions simples, renfermant des paramètres que l'observation aura à déterminer.

Comme l'auteur a néanmoins fait preuve de connaissances solides et produit un travail fort sérieux, quoique incomplet, et en général correct (1), j'ai l'honneur de proposer qu'il lui soit accordé une mention très honorable. »

Rapport de M. C. Le Paige, deuxième commissaire.

« Notre savant collègue, M. Folie, a, d'une façon sommaire, exposé les principes qui servent de fondement au mémoire envoyé en réponse à la quatrième question de concours. J'aurais désiré en faire une analyse plus complète, mais le temps me fait absolument défaut. Notre honorable Secrétaire perpétuel m'ayant prié de renvoyer au plus tôt le mémoire, je défère à son légitime désir et je me borne à quelques observations.

(1) Fréquemment l'auteur ajoute entre eux, par mégarde, soit les angles, soit les vitesses résultant des actions de la Lune et du Soleil, sans que ces angles soient situés dans un même plan ou que ces vitesses aient lieu dans une même direction.

Je ne discuterai pas le point de départ de l'auteur : si les études de Hopkins, de Lord Kelvin, de M. G. H. Darwin semblent en opposition avec l'hypothèse qu'il admet, les recherches de M. Wiechert, les observations récentes de M. de Lapparent et les idées de nombreux géologues sont plus conformes à sa manière de voir. Dans tous les cas, s'il est possible de contrôler par des observations ou d'infirmer les formules établies par l'auteur, on obtiendra un moyen de vérifier l'hypothèse employée.

D'ailleurs, l'existence dans les formules de variation des latitudes d'un terme dépendant de la variation de la verticale semble bien établie par les recherches de M. Kimura, et ce terme a été récemment introduit dans les expressions employées, sous la direction de M. Albrecht, pour la réduction des observations relatives au mouvement du pôle.

Un travail récent de M. R. Schumann indique l'origine théorique d'un pareil terme : il n'est donc pas permis, *a priori*, de rejeter l'hypothèse faite au début du travail actuel.

L'auteur, en distinguant les centres de gravité g d'une écorce hypothétique et G d'un noyau, recherche l'action d'un astre C sur le système. Cette action tendra à un déplacement de g vers G et à une rotation de g autour de G .

Le premier mouvement donnerait une déviation réelle de la verticale ; le second entraînerait l'écorce et par suite donnera des déviations apparentes résultant des déplacements apparents des étoiles.

Afin de séparer les variations réelles des variations apparentes, l'auteur se propose de résoudre une série de problèmes préalables et suggère des observations de

nature à déterminer la position de l'axe centrobarique, le déplacement de g vers G , le rapport des masses de l'écorce et du noyau.

Le procédé auquel il recourt est l'emploi de deux niveaux à angle droit. Il reprend ainsi une idée d'Antoine d'Abbadie. On sait que l'illustre savant a renoncé à ce mode d'observation et y a substitué la détermination de la verticale par la visée au bain de mercure. Cette détermination a été poursuivie pendant de longues années à Abbadia.

Je ne sais si l'observation de deux niveaux serait suffisamment précise pour fournir les coefficients numériques des équations établies par l'auteur.

Celui-ci pourrait peut-être discuter utilement, dans ce but, les déterminations, publiées dans les annales de divers observatoires, des constantes instrumentales du cercle méridien : inclinaison et point de nadir.

Quoi qu'il en soit, les calculs exposés par l'auteur me semblent corrects; au moins toutes les formules que j'ai entrepris de vérifier sont exactes. J'ai soumis à cette vérification la plupart des formules de la première partie.

La voie suivie dans la seconde partie est identique, au point de vue des procédés de calcul et de la méthode d'intégration.

Mais ici les éléments que l'auteur demanderait à l'observation seraient, je pense, entachés d'erreurs bien plus considérables que celles qui atteindraient les premières mesures : en réalité, il s'agirait de déterminer, par l'équatorial, les coordonnées absolues d'un astre, et cela aux diverses heures de la journée.

Bien que je n'aie pu, faute de temps, examiner en détail cette seconde partie, je crois les formules exactes,

abstraction faite de quelques inadvertances déjà signalées par M. Folie.

Je ne veux pas suivre l'auteur dans l'examen des conséquences qu'il déduit de ses formules relatives au déplacement de l'écorce. Ses remarques ne sont pas sans intérêt et pourraient, sans nul doute, être soumises à la discussion, comme beaucoup d'autres hypothèses par lesquelles on a tenté d'expliquer la configuration et la répartition des continents et des mers, la disposition des lignes de fracture, etc.

Le travail actuel résout-il entièrement la question posée? Peut-être bien que non ; de plus, l'exposé des calculs, des procédés de réduction des équations numériques est un peu long. Les procédés d'observation suggérés n'ont pas été discutés. Mais, au surplus, la question ne demandait que l'établissement des formules. Eût-il été possible, comme semble l'indiquer M. Folie, de déterminer l'orbite d'un des centres à l'égard de l'autre? Je ne le pense pas.

Le travail qui nous est soumis est un document intéressant dans l'étude de la question, et je serais fort tenté de lui accorder le prix, afin qu'il pût voir le jour. Dans la suite, l'auteur le compléterait certainement par des recherches nouvelles, et la publication de ce mémoire donnerait sans doute lieu à d'autres travaux. »

—

Rapport de M. Ch. Lagrange, troisième commissaire.

« Le mémoire ne m'étant parvenu que dans les derniers jours de novembre, il m'a été impossible de me livrer à l'examen détaillé et à la vérification des calculs.

Je me suis donc attaché, pour baser une appréciation, à examiner le travail dans les grands traits du plan, de la méthode et des résultats.

I. *Plan et méthode.* — L'auteur se borne à considérer le noyau et l'écorce comme sphériques et homogènes, ce qui réduit à zéro leurs attractions réciproques et ramène leur considération à celle de leurs centres de gravité respectifs G et g . En retranchant du système Gg l'accélération de G due à l'attraction d'un centre C extérieur, on aura le mouvement relatif de l'écorce g par rapport au noyau G . On obtient ainsi une composante qui sollicite g suivant Gg , et une composante normale à Gg . D'après l'auteur, la première, en déplaçant le centre de l'écorce d'une manière radiale, donne seule lieu, par la composition des attractions de G et g , à des *déviationes réelles* de la verticale en un point de la surface de g ; quant à la seconde, il admet qu'elle fait tourner (?) d'une pièce l'écorce autour du centre du noyau, et ne donne ainsi lieu qu'à des *déviationes apparentes*, c'est-à-dire à des déviations de la verticale, ligne solidaire avec l'écorce, par rapport aux étoiles fixes. Il y a évidemment toute réserve à faire sur ce dernier point, dans une position théorique rigoureuse du problème.

Le calcul des deux espèces de déviations ainsi définies fait alors l'objet des deux parties dans lesquelles se divise le mémoire.

Les formules de ces déviations pour un déplacement donné, soit radial, soit normal de g , est une simple affaire de géométrie et de composition des forces. Reste à calculer les déplacements eux-mêmes en fonction du temps. L'auteur le fait en égalant les accélérations radiale

et normale respectivement aux composantes des mêmes noms, lesquelles sont des fonctions de la position du centre extérieur C , fonction connue du temps, et en intégrant les dérivées secondes ainsi obtenues.

II. *Résultats.* — Le résultat général de cette analyse est celui-ci : Les déplacements relatifs de g par rapport à G contiennent : 1° un terme croissant indéfiniment avec le temps t , 2° des termes périodiques. Il s'ensuit que, dans l'état normal du système, l'écorce et le noyau sont en contact en un point, avec des variations périodiques d'écartement, ou de pression de contact.

L'auteur part ensuite de là pour se livrer à des spéculations géophysiques. Mais la netteté même et l'importance de sa solution deviennent un élément de critique, car elles donnent d'autant plus à réfléchir sur les prémisses (au sujet desquelles, on l'a déjà dit, il y a tout lieu de faire des réserves) et sur la méthode, c'est-à-dire sur l'insuffisance de son analyse. Il est certain que pour résoudre avec quelque sécurité une question aussi délicate et qui entraîne de telles conséquences, il n'est guère permis d'employer une analyse aussi rudimentaire et sujette à caution que celle qui consiste à intégrer ainsi séparément les deux composantes d'une accélération suivant des directions variables avec le temps; et l'on peut se demander comment l'auteur, en présence d'une fort belle question de mécanique céleste et aussi bien définie, n'a pas mis en œuvre des moyens connus, sûrs et tout indiqués.

Il y avait, semble-t-il, à faire tout d'abord, par l'analyse de Laplace, l'étude de l'attraction réciproque de deux couches sphéroïdales [ou d'une couche et d'un

sphéroïde (noyau)], l'une intérieure à l'autre, attraction qui donne lieu à des moments de rotation et à des déplacements des centres d'inertie peut-être nullement négligeables dans un problème aussi délicat que celui-ci. En supposant ensuite les couches sphériques et homogènes, leur attraction réciproque s'annule, et l'on tombe dans le cas traité par l'auteur; c'est, on peut l'accorder, le terme principal à envisager d'abord. Mais alors, ne semble-t-il pas qu'on se trouve dans un cas tout à fait analogue à celui des perturbations indépendantes, par un centre extérieur C , de deux planètes g , G dont on néglige l'attraction mutuelle, et qui décrivent des trajectoires voisines, de même moyen mouvement? Et s'il en est ainsi, ne concevrait-on pas très plausiblement que les deux planètes, bien loin de s'écarter indéfiniment, c'est-à-dire, dans le cas du noyau et de l'écorce, de finir par se toucher, n'aient dans leur mouvement relatif que des inégalités périodiques de tous les ordres, auxquelles sont liées, d'une manière entièrement définie et exprimable, des déviations correspondantes de la verticale en un point de la surface de l'écorce? Ce n'est ici qu'une indication, et le temps m'a fait défaut pour développer et examiner la question par le calcul; mais cette indication en dit assez pour faire penser que l'analyse de l'auteur est tout à fait insuffisante, et je suis entièrement d'accord sur ce point avec les réserves que faisait déjà M. le premier commissaire. A raison de cette insuffisance de son analyse, mon opinion est donc qu'il n'y a pas lieu de décerner le prix au mémoire actuel. Mais, pour ne pas décourager l'auteur et pour l'engager, au contraire, à reprendre la question en suivant une méthode moins contestable, j'estime que l'Académie, sans s'engager en rien sur le

fond de sa solution actuelle, pourrait lui accorder, à titre d'encouragement, une mention honorable. »

M. Le Paige ayant fait savoir qu'il s'associe à la proposition de M. Folie d'accorder à l'auteur une mention très honorable, celle-ci est adoptée par la Classe.

L'auteur est invité à faire savoir s'il accepte cette récompense.

SCIENCES NATURELLES.

On demande de nouvelles recherches sur l'organisation et le développement d'un PHORONIS, en vue d'élucider les rapports existant entre les animaux de ce genre, les genres RHABDOPLEURA et CEPHALODISCUS, et le groupe des ENTEROPNEUSTES.

*Rapport de M. Édouard Van Beneden,
premier commissaire.*

« Le mémoire de concours que la Classe m'a chargé d'examiner a été envoyé en réponse à la question suivante : *On demande de nouvelles recherches sur l'organisation et le développement d'un PHORONIS, en vue d'élucider les rapports existant entre les animaux de ce genre, les genres RHABDOPLEURA et CEPHALODISCUS, et le groupe des ENTEROPNEUSTES.*

Il porte pour épigraphe le mot de Claparède : *L'observateur dans la science est toujours juché sur les épaules de son prédécesseur et voit forcément plus loin que lui. Que ferait-il si cet appui venait à lui manquer? Bien peu de chose..... et pour devise : Perseverando ac sperando.*

Quand, en 1899, j'ai proposé à l'Académie de porter

cette question à son programme de concours, MASTERMAN venait de faire paraître un mémoire sensationnel sur l'organisation de l'Actinotroque, la larve du *Phoronis*. Ses recherches paraissaient devoir projeter un jour nouveau sur les affinités jusque-là si problématiques de ce genre, et le rapprocher des Balanoglosses, des Rhabdopleures et des Céphalodisques, unis par MASTERMAN dans son groupe des Archichordés. Les *Phoronis* se rattacheraient, dans cette conception, au tronc d'origine des Chordés en général et des Vertébrés en particulier.

Il importait de faire vérifier les nouvelles données fournies par cet auteur sur la constitution de l'Actinotroque, de les compléter par une étude nouvelle de la genèse de cette forme larvaire et par une analyse plus complète de l'organisation de l'adulte. Il était désirable aussi, à la suite de ce travail de contrôle, de voir discuter à nouveau la question de savoir si, vraiment, les *Phoronis* sont apparentés aux Balanoglosses et aux autres Archichordés.

Depuis l'époque où la question a été posée par l'Académie, de nombreuses recherches sur le développement de divers *Phoronis* ont vu le jour : je me borne à citer les beaux travaux d'IKEDA et de MARC DE SELYS LONGCHAMPS.

Il y a deux ans, un mémoire a été envoyé à la Classe en réponse à la question posée ; malgré d'incontestables mérites, cette œuvre a été jugée insuffisante ; l'auteur de ce travail n'a pas été couronné et, sur ma proposition, la Classe a décidé de maintenir la question au programme du concours de 1905. Je crois pouvoir dire, dès à présent, qu'elle a lieu de se féliciter d'avoir adopté cette proposition : cette décision lui a valu l'envoi de l'œuvre remarquable que je vais avoir l'honneur d'analyser.

L'auteur ne s'est pas contenté de faire l'étude appro-

fondie d'une espèce de *Phoronis*; il a eu la bonne fortune de pouvoir suivre le développement embryonnaire de toute une série d'espèces : *Ph. hippocrepiæ*, *Ph. Kowalewskyi*, *Ph. Sabatieri*, *Ph. psammophila*, *Ph. Mülleri*, le développement postembryonnaire de *Actinotrocha branchiata* et de *A. Sabatieri*, et la métamorphose chez plusieurs espèces. Cette circonstance est particulièrement heureuse, en ce qu'elle a permis d'étendre à un ensemble de formes les résultats obtenus et de montrer que les divergences d'opinions entre les auteurs, sur les faits les plus importants du développement, ne peuvent être attribuées à ce que les recherches ont porté sur des matériaux spécifiquement différents.

Pour arriver à réunir le riche matériel d'études dont il a pu disposer, l'auteur du mémoire a dû faire des séjours prolongés sur différents points des côtes d'Europe (mer du Nord, Manche et Méditerranée) et, pour pouvoir compléter ses propres travaux, par l'examen des préparations qui ont servi à ses prédécesseurs, entretenir une correspondance active et laborieuse avec des naturalistes de tous pays.

Le mémoire comprend une partie descriptive et une partie théorique ou spéculative, suivies d'un index bibliographique.

La première partie est divisée en cinq chapitres.

L'auteur y rend compte, en les rapprochant des résultats acquis par ses devanciers, de ses recherches : *A.* sur le développement embryonnaire; *B.* sur le développement postembryonnaire; *C.* sur l'anatomie de l'*Actinotroche*; *D.* sur la métamorphose; *E.* sur l'anatomie de l'adulte.

A. — Développement embryonnaire.

Dans le chapitre où il traite du développement embryonnaire, l'auteur fixe d'abord les dimensions exactes de l'œuf chez les diverses espèces. Chez *Ph. Mülleri*, une espèce dont la ponte semble libre, l'œuf a un diamètre variant entre 50 et 60 μ , tandis que, chez les autres espèces, il oscille autour de 100 μ environ. Contrairement aux affirmations de ROULE, qui lui attribue 500 à 400 μ , l'œuf de *Ph. Sabatieri* ne diffère guère de celui de *Ph. hippocrepia* et de *Ph. psammophila*. Chez *Ph. Mülleri*, l'œuf a donc un volume huit fois moindre que chez les autres espèces européennes.

L'auteur passe rapidement sur les phénomènes de segmentation, ces phénomènes étant aujourd'hui bien connus; il rectifie en passant une donnée de ROULE d'après laquelle, chez *Ph. Sabatieri*, les trois premiers plans de segmentation seraient méridionaux. Il signale aussi les variations dans l'extension du blastocèle, d'autant plus réduit que l'œuf est plus volumineux; chez *Ph. Mülleri*, le diamètre de cette cavité est à peu près égal à trois fois l'épaisseur du blastoderme, tandis que, chez les autres espèces, il dépasse à peine l'épaisseur de la couche cellulaire de la blastula.

De même, la gastrulation est rapidement décrite; il ne reste guère du neuf à en dire après le très minutieux travail de MARC DE SELYS.

Afin d'éviter d'inutiles répétitions, l'auteur n'a pas cru devoir exposer les versions contradictoires publiées sur la formation du mésoblaste; les observations anciennes relatives à cette question ont été rappelées et discutées

dans les travaux récents d'IKEDA et de DE SELYS; mais il analyse les résultats de ces deux derniers auteurs et se range aux conclusions de MARC DE SELYS, qui, chez aucune des espèces étudiées par lui, n'a trouvé trace des diverticules entérocéliens plutôt théoriques, admis par CALDWELL, par MASTERMAN et partiellement aussi par IKEDA.

L'auteur voit partout le mésoblaste se constituer par cellules isolées, détachées de l'endoblaste pendant la gastrulation, la formation des éléments mésoblastiques étant particulièrement active au niveau du blastopore. Il admet, sans toutefois vouloir l'affirmer, qu'il peut, en outre, se former de ces éléments dans le sillon blastoporique. Il accepte, avec METCHNIKOFF, SCHULTZ, ROULE et DE SELYS, la formation d'un mésenchyme primaire et la persistance du blastocèle.

Il démontre l'existence de la fossette postérieure de CALDWELL, même chez *Ph. Sabatieri*, où ROULE avait formellement contesté son existence. Chez *Ph. Mülleri*, le manque relatif de matériel et la difficulté des manipulations, résultant de la petitesse des embryons, ont empêché l'auteur de suivre l'histoire complète de cette ébauche. Il a vu cependant la fossette se bifurquer en deux branches, représentant deux canaux à cavité plus ou moins nette et débouchant au début au même point. Il a constaté la transformation de ces deux canaux en reins céphaliques, confirmant en cela la belle découverte faite par IKEDA.

Dans le cours du développement, les cellules isolées du mésoblaste s'appliquent pour la plupart contre l'ectoblaste de la paroi du corps et de l'œsophage et engendrent les éléments musculaires.

B. — Développement postembryonnaire.

L'une des questions les plus importantes et en même temps les plus difficiles à résoudre est celle de la genèse des cavités du corps de la larve. C'est dans le cours du développement postembryonnaire que l'on voit apparaître les diverses cavités qui se montrent bien séparées chez l'Actinotroque. A la suite de la découverte faite par IKEDA de la cavité lophophorale, on sait aujourd'hui que ces cavités sont au nombre de trois : la grande cavité commune à la région collaire et au lobe préoral, la cavité du tronc et la cavité circulaire qui se prolonge dans les tentacules définitifs : la cavité lophophorale. La première hœmocœlique représente, à n'en pas douter, le blastocèle persistant de la larve.

Mais quelle est l'origine des deux autres, qui présentent, à leur état de complet développement, les caractères de vraies cavités cœlomiques? A cette question se rattache celle de la genèse du septum tronco-collaire et du mésentère sous-intestinal. Par l'étude minutieuse de coupes faites en sens divers et régulièrement sériées de larves d'*A. Sabatieri* et d'*A. Mülleri*, l'auteur établit que, contrairement à l'opinion de ceux qui ont admis la formation de diverticules cœlomiques, la cavité du tronc procède du blastocèle; que le mésenchyme primaire de l'embryon prend dans la papille anale (ébauche du tronc futur) une disposition épithéliale, de façon à délimiter un saccule qui, pendant toute la durée de son développement, est largement ouvert en avant dans la cavité collaire blastocœlienne. L'origine du mésentère sous-intestinal se trouve dans la soudure initiale de la future

somatopleure avec la couche splanchnique, le long de la ligné médio-ventrale.

Pendant longtemps, ce mésentère se termine par un double bord libre; c'est par extension de ces bords que se constitue le septum tronco-collaire, d'abord sous le tube intestinal. Par accroissement, dans la direction ventro-dorsale, se dessinent successivement les portions latérales et enfin la partie dorsale de ce septum; de telle sorte que la cavité du tronc se sépare progressivement de la cavité collaire, en même temps que les cellules mésenchymatiques, qui la délimitent, se disposent en couches épithéliales.

Quant à la cavité préseptale découverte par IKEDA et que l'auteur appelle la cavité lophophorale, elle se creuse secondairement dans une ébauche mésoblastique pleine, à la manière d'un schizocèle. Elle est close dès son début. Quoique, en fait, elle procède directement du blastocèle, il n'est pas impossible que la cavité postseptale, dont les caractères anatomiques sont semblables à ceux de la cavité lophophorale, doive être considérée, elle aussi, comme étant, phylogéniquement parlant, d'origine schizocélienne.

Organes urinaires. — J'ai déjà dit que l'auteur a retrouvé la fossette postérieure chez toutes les espèces dont il a étudié le développement; confirmant en cela les belles observations d'IKEDA, il montre que cette fossette, en se bifurquant, engendre uniquement les organes urinaires, interposés entre l'épiblaste et la somatopleure et terminés en culs-de-sac en avant.

Il n'a pu voir comment se dédouble l'orifice primitivement unique et médian de la fossette postérieure des lobes

urinaires; il ne tranche pas la question de savoir si les cavités sont primitivement intracellulaires ou intercellulaires et laisse aussi dans le doute le problème de l'origine des solénocytes.

Système sanguin. — On sait que, de toutes les questions relatives à l'organogenèse, il n'en est pas de plus difficiles à résoudre, il n'en est pas qui soient plus controversées, même en ce qui concerne les Vertébrés, que l'origine des vaisseaux, la formation des endothéliums vasculaires et la genèse des premiers éléments du sang. Toutes les données positives relatives à l'une de ces questions ne peuvent être accueillies qu'avec une extrême faveur. Aussi doit-on savoir gré à l'auteur du mémoire des efforts qu'il a faits en vue d'élucider ces questions, en ce qui concerne les *Phoronis*. Ses observations relatives à la genèse des vaisseaux de la paroi intestinale, confirmant celles de plusieurs de ses devanciers, établissent avec certitude que ceux-ci ne sont, à leur début, que des espaces lacunaires blastocéliens, résultant de l'écartement de la splanchnopleure d'avec l'endoblaste; ils débouchent en avant dans la cavité collaire. La splanchnopleure soulevée forme à elle seule, au début, les parois vasculaires.

La plupart des auteurs récents ou bien n'ont reconnu, chez l'Actinotroque, qu'un seul vaisseau préformé, le vaisseau médio-dorsal, tels CALDWELL et IKEDA; ou bien, c'est le cas pour CORI, ils admettent qu'il existe deux vaisseaux longitudinaux médians, correspondant aux vaisseaux sus-et sous-intestinal des Annélides. Le dorsal seul resterait médian, le ventral gagnant secondairement une position de plus en plus latérale. Cette manière de voir est adoptée par LANG.

Cependant A. SCHNEIDER avait décrit et figuré, chez *A. branchiata*, deux vaisseaux longitudinaux, dorsaux l'un et l'autre dès leur origine.

L'auteur démontre que les observations de SCHNEIDER sont seules conformes à la réalité; il décrit les modifications successives que les espaces vasculaires présentent dans le cours du développement; il établit que la dualité primitive et la position dorsale des deux vaisseaux, l'un médian, l'autre gauche, se vérifient pour trois espèces au moins, dont deux étudiées par lui-même.

Il existe dès le moment de l'apparition de ces vaisseaux des cellules dans ces espaces vasculaires. Quelles sont leur origine et leur destinée? L'auteur reconnaît que ses observations ne l'autorisent pas à trancher définitivement cette question; mais il fournit des indications qui autorisent à penser qu'elles procèdent du mésoblaste et qu'elles sont destinées à fournir les endothéliums vasculaires.

On sait depuis longtemps que les globules rouges du sang des *Phoronis* se développent, chez la larve, dans la cavité collaire, où ils forment des amas, dont le nombre et la position varient avec les espèces. Au moment de la métamorphose, devenus libres dans la cavité collaire, ils pénètrent de là dans les vaisseaux sanguins.

Il existe d'ailleurs, avant même qu'apparaissent les amas compacts de globules rouges, des cellules libres dans la cavité collaire. IKEDA les fait dériver de cellules mésoblastiques géantes et les considère comme les premiers globules rouges. L'auteur du mémoire n'a pas pu retrouver les cellules géantes qui, d'après IKEDA, seraient les génératrices des globules rouges. Il démontre que les cellules libres dans la cavité, avant l'apparition des amas

globulaires, sont des leucocytes : il décrit nettement les caractères différentiels de ces derniers.

Il a étudié plus spécialement la genèse des globules rouges chez *A. Sabatieri* et reconnu 1° que les amas latéraux de cette espèce procèdent de cellules mésoblastiques appliquées contre l'ectoblaste, et 2° que l'amas médio-ventral naît de la même bande mésoblastique dans laquelle se creuse la cavité lophophorale. La paroi de cette cavité devient tout au moins partiellement vasculaire quand, au moment de la métamorphose, la cavité collaire se transforme en un anneau vasculaire périœsophagien. Il en résulte qu'il est démontré, tout au moins chez une espèce d'Actinotroque, que les globules rouges sont d'origine mésoblastique, que l'endoblaste n'intervient en rien dans leur genèse ; que les espaces vasculaires procèdent du blastocèle et que les premières parois vasculaires sont formées par les membranes cœlomiques soulevées. Par contre, la question de l'origine des endothéliums n'a pu être résolue avec certitude.

C. — Anatomie de l'Actinotroque.

C'est principalement sur l'organisation de l'Actinotroque que MASTERMAN s'est basé pour affirmer les affinités des *Phoronis* avec les Rhabdopleures, les Céphalodisques, les Balanoglosses et les Chordés.

Dans le cours des dernières années, plusieurs auteurs ont repris, à la suite de MASTERMAN, l'analyse de l'organisation de l'Actinotroque ; il a été reconnu par eux que la plupart des faits nouveaux annoncés par l'auteur anglais sont erronés, et l'on peut dire qu'il ne reste pour

ainsi dire rien des arguments invoqués par lui pour affirmer les affinités des *Phoronis* avec les Entéropneustes. Parmi les auteurs qui ont le plus contribué à mettre cette conclusion en lumière, il convient de citer en première ligne IKEDA, MARC DE SELYS LONGCHAMPS et GOODRICH.

L'auteur du mémoire de concours aurait pu se borner à exposer les faits bien établis déjà par les recherches de ses devanciers, en faire l'examen critique et en tirer les conclusions qu'ils comportent. Au lieu de cela, il a voulu les contrôler par lui-même; il a recherché jusqu'à quel point les dispositions anatomiques décrites chez certaines formes présentent un caractère de généralité; il a trouvé moyen, grâce à une technique irréprochable, de préciser et de compléter nos connaissances sur quantité de points, notamment en ce qui concerne le système musculaire. ROULE avait nié l'existence, chez son espèce, du septum tronco-collaire découvert par CALDWELL chez une autre forme, et retrouvée par tous les auteurs ultérieurs. L'auteur a pu vérifier que le septum existe aussi bien chez *A. Sabatieri* que chez toutes les autres espèces. A la suite de CALDWELL, d'IKEDA, de MARC DE SELYS et de GOODRICH, il trouve que le prétendu cœlome du lobe préoral communique largement avec la cavité collaire, toujours unique et indivise, non double, comme l'a prétendu MASTERMAN, et qu'il ne présente, pas plus que cette dernière cavité, de revêtement cœlomique. Il démontre que, contrairement à la supposition de GOODRICH, cette communication n'est pas secondaire, mais essentiellement primitive. Les prétendues fibres musculaires du lobe préoral n'ont rien de musculaire; elles sont de rares et délicates travées mésenchymatiques,

dépourvues de toute trace de substance musculaire. Les pores préoraux n'existent pas ; le sinus sous-neural décrit par MASTERMAN sous le ganglion nerveux n'est pas un espace clos, mais bien, comme l'a montré IKEDA, un recessus de la cavité préorale.

Le seul point sur lequel l'auteur confirme, jusqu'à un certain point, les conclusions de MASTERMAN est relatif à la présence d'un sinus pérional. Cet espace lacunaire existe manifestement entre l'épiblaste et la somatopleure ; mais il n'a aucune communication avec les vaisseaux sanguins et ne peut être décrit, par conséquent, comme faisant partie du système vasculaire.

En ce qui concerne le système nerveux, l'auteur a pleinement confirmé les excellentes observations d'IKEDA.

Quant aux organes urinaires, ils consistent en des culs-de-sac tubulaires sur lesquels se trouvent fixées les cellules découvertes par GOODRICH et désignées par lui sous le nom de solénoocytes ; contrairement aux affirmations de MASTERMAN, ils ne débouchent pas par un orifice dans la cavité collaire, ce qui serait d'ailleurs en opposition avec le caractère blastocélien de cette cavité.

Enfin, l'auteur fait définitivement justice de l'interprétation hasardée que MASTERMAN a donnée des diverticules pairs ou impairs de l'estomac, diverticules qui, en raison de leur structure vacuolaire, ont été rapprochés de la notochorde des Vertébrés et appelés pleurochordes.

Il écarte également, en se fondant sur des considérations solides, l'opinion de WILLEY, d'après laquelle ces mêmes organes seraient des fentes branchiales incomplètes.

Bref, des faits nouveaux apportés par MASTERMAN, rien d'essentiel ne reste debout.

D. — Métamorphose de l'Actinotroque.

Dans le quatrième chapitre de son mémoire, l'auteur traite de la métamorphose de l'Actinotroque. Après avoir rappelé, comme il le fait dans les chapitres précédents, tous les résultats acquis par ses prédécesseurs, il expose ses recherches personnelles et se rallie à l'opinion de METCHNIKOFF quant aux transformations compliquées que subissent les enveloppes du corps de l'Actinotroque au moment de la métamorphose. Après l'évagination du métasome, toute la partie antérieure de la larve, le capuchon buccal, toute la partie de la paroi du corps située entre la bouche et les tentacules larvaires, enfin les tentacules larvaires eux-mêmes paraissent être avalés par le jeune *Phoronis*. Le cerveau de l'adulte est très probablement un organe de nouvelle formation, le ganglion de l'Actinotroque subissant le même sort que le lobe préoral dont il fait partie. Quant à l'épistome de l'adulte, il n'apparaît très probablement, lui aussi, qu'après la métamorphose.

Au contraire, la paroi du tronc de la larve se contracte fortement au moment de la métamorphose en même temps que la couche ciliaire périanale s'invagine à l'intérieur, pour donner naissance à une poche épidermique, au fond de laquelle se trouve l'anūs.

En ce qui concerne les transformations du tube digestif, les deux points les plus importants à relever sont la démonstration de la formation du préestomac de l'adulte aux dépens de l'estomac larvaire et la condamnation de la thèse de ROULE, d'après laquelle la branche ascendante du tube intestinal naîtrait, par une sorte de bour-

geonnement, aux dépens de la face dorsale de l'estomac. L'auteur établit que l'intestin larvaire persiste dans cette branche ascendante de l'adulte, faisant toutefois une réserve quant au cœcum ectodermique qui se forme aux dépens de l'extrémité invaginée du tronc.

L'appareil vasculaire est étudié avec le même soin. Si l'auteur confirme l'opinion d'IKEDA quant à la transformation de la cavité collaire en un vaisseau circulaire périœsophagien, il montre, d'autre part, que les portions initiales du vaisseau dorsal et du vaisseau latéral procèdent de la même cavité blastocœlienne ; il établit en même temps que le septum tronco-collaire de la larve ne se trouve pas tout entier dans le diaphragme de l'adulte, mais en partie autour de l'œsophage, auquel il vient former, dans le cours de l'évolution, un revêtement splanchno-pleural.

E. — Anatomie de l'adulte.

Dans le chapitre V, où il traite de l'anatomie de l'adulte, l'auteur signale quantité de faits intéressants relativement aux dispositifs vasculaires, aux caractères des globules sanguins, à la structure des parois vasculaires, au tissu si particulier que KOWALEWSKY a décrit sous le nom de corps adipeux, au système nerveux et en particulier au nerf latéral, dont la continuité avec le ganglion central se trouve pour la première fois établie avec certitude. Je ne puis, sans m'exposer à allonger outre mesure cette analyse, relever, malgré tout l'intérêt qu'elles présentent, les diverses questions soulevées, discutées et en partie résolues par l'auteur.

J'ai hâte d'en venir à la dernière partie de son mémoire,

celle dans laquelle il discute les affinités des *Phoronis* et les conceptions de MASTERMAN.

Après avoir tracé l'historique des travaux qui ont fait admettre par différents zoologistes des affinités entre les Chordés et les Entéropneustes, désignés depuis par BATESON sous le nom d'*Hemichordata*, et rappelé les recherches de HARMER qui, le premier, crut reconnaître des affinités entre les Balanoglosses et le nouveau genre *Cephalodiscus*, rapproché d'ailleurs, dès le moment de sa découverte, du genre *Rhabdopleura*, l'auteur expose comment MASTERMAN crut reconnaître, dans les *Phoronis*, des formes apparentées aux Balanoglosses, Céphalodisques et Rhabdopleures, et pourquoi il créa le nom d'*Archichordata*, remplaçant celui de *Trimetamera*, antérieurement proposé par le même auteur, pour désigner, d'une part, les *Hemichorda* (Entéropneustes) et, d'autre part, les *Diplochorda* (*Phoronis*, *Cephalodiscus*, *Rhabdopleura*).

Il rappelle les opinions des zoologistes qui se sont prononcés sur les affinités réciproques de ces formes, ont défendu des idées identiques, analogues ou différentes de celles de MASTERMAN, et créé les mots *Ptérobranches*, *Axobranches*, *Protochordata*, *Archichordata* et d'autres encore pour dénommer les groupements admis par eux.

Après cet exposé historique, l'auteur discute à fond les idées qui ont conduit MASTERMAN à établir son groupe des *Archichordata*. Les prétendues analogies, il les range sous douze chefs différents. Il examine ensuite, faisant preuve d'un esprit critique remarquable et d'une connaissance approfondie du sujet, jusqu'à quel point les caractères assignés au groupe se trouvent réalisés chez les *Phoronis*, les *Céphalodisques* et les *Rhabdopleures*. Il utilise à cet effet tout ce que la littérature autorise à admettre, tout ce que ses propres observations lui ont appris, distinguant avec

précision ce qui est établi de ce qui est problématique et de ce qui n'est que simple hypothèse. Il conclut en affirmant que les *Phoronis* ne répondent pas à la définition des *Archichordata*; il les a montrés se dérochant successivement à tous les caractères qui leur ont été imposés par MASTERMAN. Ils ne présentent pas de segmentation archimérique, leurs cavités du corps ne sont pas divisées en quatre sacs cœlomiques; le système vasculaire n'est pas sous-neural; ils n'ont ni notochordes, ni fentes branchiales, ni glande sous-neurale, et leur système nerveux lui-même ne répond qu'à la condition d'être épidermique, caractère trop étendu pour indiquer des affinités. Les *Phoronis* ne sont donc ni des Diplochordés, ni des Archichordés; ils n'ont d'affinités étroites ni avec les Céphalodisques, ni avec les Entéropneustes; leur comparaison ne montre partout que des différences radicales.

Quant à *Rhabdopleura*, dont l'anatomie est mal connue et le développement complètement ignoré, rien n'indique que cette forme se rapproche davantage des *Phoronis*. Sans être affirmatif sur ce point, l'auteur pense avec HATSHECK, KORSCHOLT et HEIDER, PARKER et HASWELL, enfin avec LANG, qu'ils doivent être rapprochés des Brachiopodes, des Bryozoaires et des Géphyriens inermes. Adoptant la manière de voir de CALDWELL, il est d'avis que l'avenir nous apprendra que c'est des Brachiopodes ou des Bryozoaires, non des Géphyriens inermes, qu'ils se rapprochent le plus.

Je termine et je conclus.

Le mémoire soumis à mon examen est une réponse adéquate, j'ajoute une réponse magistrale, à la question posée. Elle la résout, dans les limites où les connaissances acquises permettent de la résoudre.

Elle n'élucide pas seulement les affinités des *Phoronis*, en écartant d'une manière, que je crois pouvoir qualifier de définitive, toute idée de rapprochement avec les Chordés; elle a en outre et surtout le grand mérite d'être une contribution originale considérable à la connaissance du développement, de la métamorphose et de l'organisation de ces vers énigmatiques.

L'auteur du mémoire est manifestement un excellent observateur, connaissant et utilisant constamment les procédés les plus parfaits de la technique moderne. Ses vingt planches, admirablement dessinées, témoignent de la perfection des préparations qu'il a eues sous les yeux. Le manuscrit, rédigé avec méthode, concision et clarté, est à la hauteur des planches.

A ces qualités d'observateur, de dessinateur et d'écrivain, l'auteur joint un esprit critique éminent. Il connaît à fond la littérature relative à son sujet; il l'utilise d'une manière judicieuse, avec une loyauté digne des plus grands éloges. S'il sait à l'occasion lancer une pointe d'ironie finement acérée, il ne le fait qu'à bon escient, ne laissant jamais passer l'occasion d'ailleurs de rappeler l'œuvre de ses devanciers et de leur rendre pleine justice. Plus sévère pour lui-même que pour les autres, il paraît éprouver une réelle satisfaction à mettre en lumière les lacunes de son propre travail et à attirer l'attention du lecteur sur ce qui reste problématique ou inconnu.

Je considère le mémoire comme une œuvre de premier ordre; je propose à l'Académie de le couronner, de décider l'impression du texte et la reproduction des planches dans le recueil des *Mémoires* in-4°, et d'adresser à l'auteur de chaleureuses félicitations. »

Rapport de M. Ch. Van Hambeke, deuxième commissaire

« Le rapport du premier commissaire, M. Éd. Van Beneden, donne une idée si exacte et si complète du mémoire soumis à notre appréciation, et en fait si bien ressortir la grande valeur, que je me borne à me rallier avec empressement aux conclusions de ce rapport. »

M. Plateau, troisième commissaire, se rallie aux conclusions de ses deux collègues.

La Classe, se ralliant aux conclusions unanimes du rapport de ses commissaires, décerne sa *médaille d'or de mille francs* à l'auteur, M. Marc de Selys Longchamps, petit-fils de l'académicien Edmond de Selys Longchamps et arrière petit-fils de J.-N.-J. d'Omalius d'Halloy, tous les deux d'illustre mémoire.

ÉLECTION.

La Classe procède, en comité secret, aux élections pour les places vacantes.

Les résultats en seront aussi proclamés en séance publique.

PRÉPARATIFS DE LA SÉANCE PUBLIQUE ANNUELLE.

MM. Mansion et Vanlair donnent lecture, conformément à l'article 17 du règlement de la Classe, de leurs communications pour la séance publique.



CLASSE DES SCIENCES.

Séance publique du 16 décembre 1903.

M. P. MANSION, directeur, président de l'Académie.

M. le chevalier EDM. MARCHAL, secrétaire perpétuel.

Sont présents : MM. L. Fredericq, *vice-directeur* ; Éd. Van Beneden, C. Malaise, F. Folie, Jos. De Tilly, Ch. Van Bambeke, Alfr. Gilkinet, G. Van der Mensbrugghe, W. Spring, Louis Henry, M. Mourlon, P. De Heen, C. Le Paige, Alb. Lancaster, L. Errera, C. Vanlair, Julien Fraipont, *membres* ; A. Jorissen, P. Francotte, Paul Pelseneer, A. Gravis et Aug. Lameere, *correspondants*.

Assistent à la séance :

CLASSE DES LETTRES ET DES SCIENCES MORALES ET POLITIQUES.

— MM. A. Giron, Paul Fredericq, G. Monchamp, Ch. De Smedt, Jules Leclercq et D. Mercier, *membres*.

CLASSE DES BEAUX-ARTS. — MM. G. Huberti, *directeur* ; Éd. Fétis, G. De Groot, Gust. Biot, Henri Hymans, A. Hennebicq, Charles Tardieu, J. Winders, Edgar Tinel et Xav. Mellery, *membres*.

Sur la portée objective du calcul des probabilités; par
P. Mansion, directeur de la Classe, président de l'Académie.

I.

DOUTES SUR LA PORTÉE OBJECTIVE DU CALCUL DES
PROBABILITÉS.

Il est peu de pays, croyons-nous, où le calcul des probabilités tienne une place aussi considérable dans l'enseignement supérieur qu'en Belgique. Depuis 1855, il fait partie intégrante du programme du doctorat en sciences physiques et mathématiques; depuis 1858, de celui de nos hautes écoles techniques.

En France, au contraire, il n'est enseigné qu'accidentellement, comme accessoire du cours de physique mathématique à la Sorbonne; à l'École Polytechnique, on ne lui consacre que quelques leçons des cours d'analyse et d'astronomie. En Allemagne, l'une des plus célèbres applications du calcul des probabilités, la théorie de la compensation des erreurs d'observation, fait souvent l'objet d'une *Vorlesung* spéciale, mais rarement le calcul des probabilités y est exposé dans toute son étendue. Aussi, de 1857, date du grand ouvrage de Poisson sur la *Probabilité des jugements en matière civile et criminelle*, à 1889, année où Bertrand publia son *Calcul des probabilités* (*), il n'a paru sur la matière qu'un seul vrai traité

(*) Paris, Gauthier-Villars et fils.

écrit dans l'une des grandes langues européennes. C'est le cours fait par A. Meyer, à l'Université de Liège, de 1849 à 1857, publié par M. Folie en 1874, et traduit en allemand par M. E. Czuber en 1879 (*).

D'où vient cette haute fortune du calcul des probabilités dans notre pays? Selon toute apparence, de la grande influence dont a joui dans les conseils du gouvernement et dans le monde scientifique belge, l'homme éminent qui, pendant un demi-siècle, a été la personnification de notre Académie, je veux dire Adolphe Quetelet, son secrétaire perpétuel de 1855 à 1874.

L'œuvre capitale de Quetelet, la *Physique sociale* (1856), où il a jeté les bases de la statistique morale ou, comme on dit maintenant en langage barbare, de la sociologie positive, est fondée sur le calcul des probabilités, sur la loi des grands nombres.

Quetelet y prouve par des chiffres que l'homme, quand il obéit à sa raison, agit comme d'après une loi; qu'il en est de même quand il se laisse aller à ses instincts; ou, plus exactement, il en est ainsi quand il se trouve dans le voisinage de l'un ou l'autre de ces deux cas limites : alors, la force d'en haut ou la force d'en bas, le libre arbitre ou la passion laisse sa trace dans les moyennes comme une force perturbatrice qui les altère quelque peu; mais dans l'ordre des faits moraux, comme

(*) Pour ne pas encombrer cette lecture de renseignements bibliographiques, nous renvoyons le lecteur curieux de connaître l'histoire détaillée du calcul des probabilités aux ouvrages suivants : GOURAUD, *Histoire du Calcul des probabilités*, Paris, Durand, 1848; TODHUNTER, *A History of the Mathematical Theory of probability*, Cambridge, Macmillan and Co, 1865; CZUBER, *Die Entwicklung der Wahrscheinlichkeitstheorie*, Leipzig, Teubner, 1899.

dans celui des faits physiques, apparaît toujours la loi des grands nombres, qui les résume approximativement au point de vue quantitatif.

Quetelet, comme Meyer, comme Poisson, comme Laplace, croit à la valeur objective du calcul des probabilités. Comme eux, en théorie, il fait çà et là des réserves sur la portée de tel ou tel principe; mais, en général, il applique hardiment ces principes jusque dans les cas les plus extrêmes.

Cependant, même du vivant de Quetelet, on avait déjà battu en brèche la confiance accordée à ces principes. Gauss, au début de son exposition de la méthode des moindres carrés, a signalé ce qu'il y a de purement subjectif dans la définition des erreurs accidentelles (*). On sait maintenant que dans ses cours sur la compensation des erreurs, il prenait nettement le même point de départ que Legendre, c'est-à-dire qu'il ne la faisait nullement reposer sur le calcul des probabilités (**).

Bienaymé a défendu la théorie des erreurs de Laplace, mais en déclarant qu'il y a lieu d'y introduire de sérieuses corrections. En outre, trente ans après la mort de Poisson, il a publié une note excellente, quoique pédantesque d'allure et de style, sous le titre peu respectueux : *Sur un principe que M. Poisson avait cru découvrir et qu'il avait appelé Loi des grands nombres* (***).

Cournot, non sans pédantisme aussi, a justement critiqué des applications de la règle de probabilité des causes

(*) GAUSS, *Werke*, IV, p. 7.

(**) GAUSS, *Werke*, VIII, pp. 147-148.

(***) Paris, Anger, 1870.

où elle n'a qu'une portée subjective, et cela dans son *Exposition de la théorie des chances et des probabilités* (*), où, après Condorcet, Laplace et Poisson, il a tenté, lui aussi, de soumettre au calcul des probabilités les jugements en matière civile et criminelle.

A une époque plus rapprochée de nous, le livre de Bertrand et celui de M. Poincaré (**) accusent des tendances encore plus sceptiques. Bertrand signale, comme ses devanciers, les points faibles de la théorie de la probabilité des causes (pp. 157 et sqq.) et par suite de celle de la compensation des erreurs accidentelles; la loi des grands nombres, de Poisson, lui semble identique au théorème de Jacques Bernoulli (pp. xxxi-xxxii); il accable de ses sarcasmes spirituels les recherches de Quetelet sur l'homme moyen (pp. xli-xliii) et surtout les travaux des géomètres français sur la probabilité des jugements (pp. xliii-xlix, 519-527). La conclusion du *Calcul des probabilités* de Poincaré est aussi très peu rassurante : « On ne peut dépouiller complètement de ces hypothèses arbitraires, dit-il, les questions de probabilités; aussi le mot de calcul semble-t-il ambitieux, et il ne sert qu'à dissimuler l'ignorance absolue... On ne doit pas s'attendre à rencontrer quelque résultat pleinement satisfaisant. Le calcul des probabilités offre une contradiction dans les termes mêmes qui servent à le désigner, et si je ne craignais de rappeler ici un mot trop souvent répété, je dirais qu'il nous enseigne surtout une chose : c'est de savoir que nous ne savons rien (pp. 275-274). »

(*) Paris, Hachette, 1843.

(**) *Calcul des probabilités*. Paris, Naud, 1896.

Que penser de ces opinions, en apparence au moins si profondément divergentes? Laplace est-il trop crédule ou M. Poincaré trop sceptique? Faut-il renoncer au calcul des probabilités? La chose semble impossible. Dans son récent ouvrage sur *La science et l'hypothèse* (*), où il consacre un chapitre au calcul des probabilités, M. Poincaré lui-même, un peu moins pessimiste que dans son cours de la Sorbonne, dit expressément : « Toutes les fois que le physicien raisonne par induction, il fait plus ou moins consciemment du calcul des probabilités (p. 214). »

D'autre part, dans les fines analyses psychologiques de sa *Grammar of Assent*, Newman remarque que nous donnons continuellement un assentiment complet à des propositions invérifiables pour nous, et cet assentiment n'est basé que sur des probabilités accumulées. M. Ernest Naville fait des remarques analogues dans un mémoire sur *L'importance logique du témoignage* (**).

Il semble donc que l'homme, aussi bien dans ses théories scientifiques que dans cet ensemble d'opinions, de croyances ou de convictions qui le guident dans sa vie affective, morale ou religieuse, s'appuie sans cesse, qu'il le sache ou non, sur les principes du calcul des probabilités, et pourtant ceux-ci semblent peu sûrs à d'excellents esprits.

Cette antinomie apparente m'a frappé depuis longtemps; j'ai indiqué partiellement dans mes cours et dans diverses notes publiées çà et là, comment, selon moi, on pouvait la résoudre. Mais je n'ai jamais eu l'occasion

(*) Paris, Flammarion, s. d.

(**) *Compte rendu de l'Académie des sciences morales et politiques*, 1887, 2^e semestre, t. CXXVIII, pp. 269-281.

d'exposer l'ensemble de mes vues sur ce sujet. Cette occasion m'est offerte aujourd'hui et je vais tâcher de préciser devant vous les conditions suffisantes sinon nécessaires pour que le calcul des probabilités ait une portée objective.

Pour diminuer l'aridité inévitable d'un pareil sujet, — car, vous le savez, *si les nombres régissent le monde, ils le régissent sans l'amuser*, comme l'a fait remarquer M. De Tilly, — pour diminuer l'aridité inévitable d'un pareil sujet, au lieu de suivre l'ordre logique, je suivrai l'ordre historique. Cela me donnera l'occasion de faire parler à ma place Pascal, Laplace, Quetelet, Newman, Naville, Bertrand, Poincaré, Boutroux, et ce sera tout gain pour mes auditeurs comme pour moi.

II.

PASCAL ET FERMAT. LA THÉORIE DES JEUX.

Vers 1649, Blaise Pascal, dont la santé était ébranlée depuis longtemps déjà, dut renoncer à tout travail scientifique sur l'ordre des médecins. « Ils lui prescrivirent de quitter toute application d'esprit et de chercher les occasions de se divertir... Blaise chercha une occupation dans le commerce du monde et ne tarda pas à goûter cette vie nouvelle. Il se mit à jouer et à se divertir pour passer le temps. Il se livra, sans dérèglement toutefois, aux amusements de la société... A Paris, il se lia avec plusieurs personnes imbues de l'esprit du monde », et entre autres avec « le chevalier de Méré, Poitevin, honnête homme avec entêtement, puriste et précieux, affectant la simplicité, le naturel et le bon sens, voyant dans

les choses de l'esprit et du sentiment un monde spécial, qu'il mettait très au-dessus du monde naturel (*) ». Méré, dont Leibniz a dit qu'il avait un esprit pénétrant, même pour les mathématiques, et qui était joueur et philosophe (**), eut une grande influence sur le jeune Pascal; il lui fit connaître, sans le lui donner, cet *esprit de finesse* dont l'auteur des *Pensées* devait plus tard marquer si fortement la différence avec l'*esprit de géométrie*.

En 1654, Méré souleva deux questions relatives au jeu de dés, qui ramenèrent brusquement Pascal à ces recherches scientifiques qu'il semblait avoir abandonnées pour toujours. Nous ne dirons rien de la première, que Roberval et Méré lui-même parvinrent à résoudre, mais la seconde a donné naissance au calcul des probabilités et vaut la peine d'être exposée. « Le problème était le suivant. Deux joueurs considérés comme également habiles rompent le jeu avant la fin. En ce cas, le règlement de tout ce qui doit leur appartenir doit être tellement proportionné à ce qu'ils avaient droit d'espérer de la fortune, que chacun d'eux trouve entièrement égal de prendre ce qu'on lui assigne, ou de continuer l'aventure du jeu : et cette juste distribution s'appelle le parti (***) ». A Paris, Pascal seul parvint à résoudre la question, Roberval n'y réussit pas.

La méthode de Pascal est admirable de simplicité et, suivant un mot célèbre, elle peut être exposée à un passant dans la rue. « Voici, dit-il, à peu près comme je fais pour savoir la valeur de chacune des parties, quand deux

(*) BOUTROUX, *Pascal*. Paris, Hachette, 1900, p. 49.

(**) TODHUNTER, p. 12.

(***) BOUTROUX, *Pascal*, p. 66.

joueurs jouent, par exemple, en trois parties et que chacun a mis 52 pistoles au jeu. Posons que le premier en ait deux et l'autre une : ils jouent maintenant une partie dont le sort est tel, que si le premier la gagne, il gagne tout l'argent qui est au jeu, savoir 64 pistoles ; si l'autre la gagne, ils sont deux parties à deux parties, et, par conséquent, s'ils veulent se séparer, il faut qu'ils retirent chacun leur mise, savoir chacun 52 pistoles. Considérez donc que, si le premier gagne, il lui appartient 64 ; s'il perd, il lui appartient 52. Donc s'ils ne veulent pas hasarder cette partie et se séparer sans jouer, le premier doit dire : « Je suis sûr d'avoir 52 pistoles ; car la perte » même me les donne ; mais pour les 52 autres, peut-être » je les aurai, peut-être vous les aurez ; le hasard est égal ; » partageons donc ces 52 pistoles par la moitié, et donnez- » moi outre cela mes 52 qui me sont sûres. » Il aura donc 48 pistoles, et l'autre 16 (*). » Pascal indique comment sa méthode s'étend à des questions plus compliquées entre deux joueurs ; il l'a appliquée plus tard au cas de trois joueurs (II, p. 405), et il est évident qu'elle est générale, quoi qu'en ait dit Laplace à la première page de sa *Notice historique sur le calcul des probabilités* (**). Au fond, Pascal résout de proche en proche une équation linéaire aux différences partielles et invente ainsi l'une des deux méthodes analytiques du calcul des probabilités.

Fermat, conseiller au parlement de Toulouse, le plus grand géomètre de la première moitié du XVII^e siècle, le plus modeste aussi, pour ne pas dire le seul modeste, a

(*) *OEuvres de Pascal*. Paris, Hachette, 1858, t. II. p. 393.

(**) LAPLACE, *Théorie analytique des probabilités*, 3^e édition. Paris, V^e Courcier, pp. cxxxiv-cxxxv.

créé la seconde de ces méthodes, celle qui repose sur la théorie des combinaisons. Pascal lui communique ses résultats; Fermat les approuve et lui fait connaître sa propre méthode sous une première forme. Pascal en méconnaît d'abord la portée. Fermat la met sous une seconde forme et dissipe tous les nuages comme en se jouant. Non seulement il se sert de l'idée simple de probabilité comme Pascal, mais il introduit dans ses calculs le principe des probabilités composées et celui de la probabilité totale. Fermat envoya en même temps à Pascal quelques-uns de ses énigmatiques théorèmes sur les nombres, entre autres celui qui est relatif à la décomposition de tout nombre en nombres polygonaux. Pascal en fut épouvanté. « Cherchez ailleurs, dit-il, qui vous suive en vos inventions numériques (*). » Pascal eut raison, car ce n'est que cent cinquante ans plus tard que Cauchy est parvenu à démontrer le théorème sur les nombres polygonaux communiqué par Fermat à Pascal. Aujourd'hui encore, comme on le sait, un dernier théorème de Fermat reste indémontré, malgré les efforts des plus grands géomètres du XVIII^e et du XIX^e siècle pour retrouver la mystérieuse démonstration de l'illustre géomètre toulousain.

Dès 1654, Pascal et Fermat ont donc posé les principes et inventé les deux méthodes analytiques du calcul des probabilités. Leur correspondance, qui ne fut imprimée que beaucoup plus tard, circula dans le monde scientifique d'alors et provoqua de nouvelles recherches. Pendant

(*) Voir la correspondance échangée entre Pascal et Fermat (*Œuvres de Pascal*, II, pp. 392-407) pour les diverses assertions contenues dans le texte.

plus d'un demi-siècle, divers géomètres, dont quelques-uns des plus illustres, Huygens, Leibniz, Montmort, Jacques, Jean et Nicolas Bernoulli, Moivre, Jean De Wit, le célèbre pensionnaire de Hollande, développent et appliquent les principes de Pascal et de Fermat, mais sans y rien ajouter d'essentiel. Ce n'est qu'à la fin de sa vie que Jacques Bernoulli découvrit le célèbre théorème qui porte son nom et que Poisson a généralisé un siècle plus tard en l'appelant *Loi des grands nombres*.

Mais afin de mieux faire saisir la portée de cette belle découverte, nous devons d'abord parler d'un cas de probabilité simple, où les plus ignorants comme les plus savants en analyse mathématique peuvent faire presque infailliblement des prédictions justes.

III.

UN CAS OÙ LA PROBABILITÉ DEVIENT PRESQUE UNE CERTITUDE.

Prédire presque infailliblement ! la chose paraît étrange au premier abord. Quand on agite un dé dans un cornet et qu'on le jette au hasard sur une table, peut-on prédire qu'il va nous donner un six ou un cinq ? Quand on tire une carte d'un jeu de whist, peut-on prévoir que l'on tournera la dame de trèfle ou le sept de cœur ?

Évidemment non. Mais *on peut prédire, presque à coup sûr, le contraire d'un événement très improbable*. Jetez six dés homogènes en l'air. Quelle est la probabilité d'amener une double raffe de cinq, d'amener six fois le chiffre cinq. Elle est très petite. Les six dés peuvent sortir de plus de 45 000 manières, exactement 46 656 ; il n'y en a qu'une favorable à l'arrivée des six cinq.

On peut donc hardiment parier 45 000 francs et plus contre un que le jeu amènera une autre combinaison que la double raffe des cinq.

Pour avoir une idée plus nette de la probabilité dont il s'agit ici, transformons-la, suivant un procédé familier à Quetelet (*), en une autre équivalente. D'après les tables de survie pour la Belgique, publiées, il y a dix ans, par M. J. Leclerc, sur 46 656 jeunes hommes de 20 ans, 524 n'arrivent pas à l'âge de 21 ans, de sorte qu'il en mourra en moyenne 27 par mois, c'est-à-dire à peu près un par jour. La probabilité de l'arrivée d'une double raffe de cinq est donc à peu près la même que celle qu'un jeune homme de 20 ans, pris au hasard parmi plus de 45 000 hommes de même âge, mourra dans les vingt-quatre heures. La probabilité contraire, celle de la non-arrivée de la double raffe des cinq, est donc celle que le jeune homme dont nous parlions tantôt vivra encore au moins un jour.

N'est-il pas vrai que dans les deux cas équivalents que nous venons de citer, tout le monde est pratiquement certain, ou prédit à coup sûr, que la double raffe des cinq n'arrivera pas, que le jeune homme choisi au hasard vivra encore un jour?

Si quelqu'un en doute, il est facile d'imaginer d'autres cas plus concluants. Le mot *absolument* contient dix lettres toutes différentes. On peut les permuter de plus de $5 \frac{1}{2}$ millions de manières, exactement 5 628 800. La probabilité de former le mot *absolument* en tirant successivement d'une urne dix jetons sur lesquels sont inscrites les dix lettres est soixante-dix-sept fois moindre que celle

(*) *Théorie des probabilités*. Bruxelles. Jamar, 1853, pp. 16-17.

de tantôt. L'arrivée d'une autre combinaison des dix lettres que celle qui donne le mot *absolument* est donc pratiquement certaine. C'est un événement aussi sûr que celui-ci : le jeune homme de tantôt, pris au hasard parmi les 46 656 de son âge, vivra encore au moins dix-sept minutes.

Bertrand a très bien expliqué pourquoi certains événements doivent se produire presque fatalement : « Tous les arrangements sont également possibles ; que les plus nombreux se présentent, il n'y a pas de sujets d'étonnement. Si toutes les combinaisons dont le nombre est immense étaient présentes matériellement », l'une d'elles, désignée d'avance, « deviendrait introuvable. Le hasard reste libre, mais la carte est forcée » (p. xxiii).

Si chacune des combinaisons des six dés était préparée dans une boîte de 1 décimètre carré de base et de 2 centimètres de hauteur, sans que, dans aucune boîte, les mêmes dés présentassent les mêmes faces, les 46 656 boîtes formeraient un monceau de plus de 9 mètres cubes, où il serait bien difficile de retrouver la double raffe des cinq. Si l'on met dans des boîtes semblables les jetons sur lesquels se trouvent les lettres du mot *absolument*, elles rempliront une salle de 15 mètres de long, de 8 de large et de 6 de haut. Qui pourrait espérer de retrouver le mot dans un dictionnaire de cette dimension et dont toutes les pages seraient brouillées au hasard.

Une dernière comparaison : le texte grec du Nouveau Testament contient de 8 à 900 000 lettres. La probabilité dont il vient d'être question est cinq fois plus petite que celle de rencontrer le δ du mot Κέδρον — qui n'y est qu'une fois, d'après Leusden — en ouvrant le livre et piquant une lettre au hasard avec une épingle.

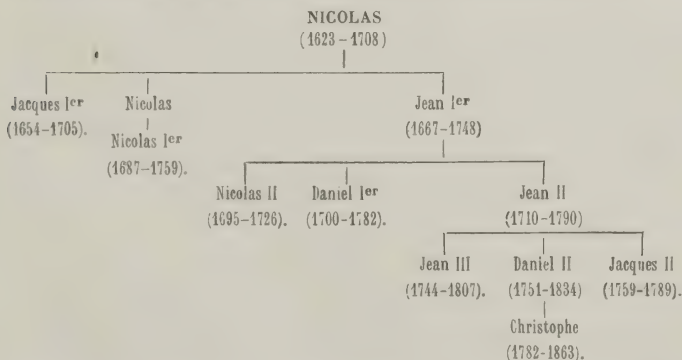
IV.

LE THÉORÈME DE BERNOULLI ET LA LOI DES GRANDS
NOMBRES.

Nous pouvons maintenant donner une idée du théorème de Bernoulli et de la loi des grands nombres de Poisson. Ces géomètres ont trouvé, dans beaucoup de questions de probabilités, des cas où l'on peut prédire aussi sûrement que dans les exemples simples indiqués plus haut.

Jacques Bernoulli est l'aîné d'une famille, j'ai failli dire d'une dynastie de mathématiciens, originaire de Bâle, et si l'on remonte plus haut, d'Anvers. On y distingue Jacques I^{er}, — c'est l'auteur du théorème, — Jacques II, Jean I^{er}, Jean II, Jean III, Nicolas I^{er}, Nicolas II, Daniel I^{er}, Daniel II. Un fils de ce dernier, Christophe Bernoulli, qui a écrit sur la *Populationistik* en 1840, est mort à Bâle en 1865 (*).

(*) Voici un aperçu généalogique de cette intéressante famille :



(D'après M. CANTOR, dans l'*Allgemeine deutsche Biographie*, II, pp. 470-483.)

Nicolas I^{er}, neveu de Jacques I^{er} et de Jean I^{er}, publia, en 1715, l'*Ars conjectandi* de son oncle Jacques I^{er}, mort huit ans auparavant, et fit connaître ainsi la proposition célèbre qui a donné une portée inattendue au calcul des probabilités.

Je ne puis évidemment vous exposer ce théorème au moyen des hiéroglyphes de l'algèbre; quinze pages suffisent à peine pour en donner une démonstration complète. Mais on peut aisément le faire connaître sur des exemples.

Considérons une urne où il y a 500 boules identiques à la couleur près, 100 blanches, 200 noires. Par convention, la *probabilité a priori* de tirer une boule blanche de cette urne est $\frac{1}{5}$, celle de tirer une boule noire $\frac{2}{5}$.

On extrait une boule de l'urne au hasard, on en note la couleur, on la remet dans l'urne et l'on répète cette opération quatre-vingt-dix mille fois, en ayant soin, après chaque tirage, de bien mélanger les boules.

Calculons, au moyen des principes élémentaires trouvés par Fermat et des formules peu élémentaires de Stirling, de Moivre et de Laplace, la probabilité que le nombre des boules blanches sorties de l'urne sur les 90 000 tirages, est 50 000 à 600 près; nous trouverons qu'elle est la même que celle de la non-arrivée d'une double raffe de cinq quand on jette six dés. Autrement dit, nous sommes pratiquement certains qu'il est sorti entre 29 400 et 50 600 boules blanches. Nous prédisons à $\frac{1}{50}$ près.

Si nous avons fait cent fois plus de tirages, donc 9 000 000, nous pourrions parier avec la même certitude qu'il y a eu sortie de 5 000 000 de boules blanches à 6 000 près. Le nombre des tirages est cent fois plus

grand, 9 000 000 au lieu de 90 000; l'écart absolu n'est que dix fois plus grand, 6 000 au lieu de 600. Cette fois, nous prédisons à $1/500$ près.

Si nous nous étions assigné un écart absolu de 800 sur 90 000 tirages ou de 8 000 sur 9 000 000 de tirages, la probabilité que le nombre de boules blanches aurait été 50 000 à 800 près, ou 5 000 000 à 8 000 près, eût été la même que celle de la non-arrivée du mot *absolument* dans l'exemple cité antérieurement. Autrement dit, on peut prédire avec une quasi-certitude qu'il sortira 50,000 boules blanches à 800 près (ou 5 000 000 à 8 000 près) sur 90 000 (ou 9 000 000 de) tirages (*).

(*) Nous nous servons des formules classiques :

$$P = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^T e^{-t^2} dt, \quad T = l \sqrt{\frac{\mu}{2pq}}$$

où $p = \frac{1}{2}$, $q = \frac{2}{3}$; μ est le nombre de tirages, l l'écart relatif, μl l'écart absolu. Quand $T = 3$, on trouve $P =$ à peu près $1 - \frac{1}{46656}$, puis

$$\text{si } \mu = 90\,000, \quad l = \frac{1}{450}, \quad \mu l = 600;$$

$$\text{si } \mu = 9\,000\,000, \quad l = \frac{1}{4500}, \quad \mu l = 6\,000.$$

Quand $T = 4$, $P =$ à peu près $1 - \frac{1}{3628800}$, puis

$$\text{si } \mu = 90\,000, \quad l = \frac{1}{225}, \quad \mu l = 800;$$

$$\text{si } \mu = 9\,000\,000, \quad l = \frac{1}{4125}, \quad \mu l = 8\,000.$$

En langage mathématique, on énoncera le théorème de Bernoulli, dans le cas actuel, comme il suit : L'écart relatif, c'est-à-dire la différence entre la probabilité *a priori*, $\frac{1}{3}$, de l'arrivée d'une blanche, et le rapport du nombre de boules blanches au nombre total des tirages, diffère de moins en moins de zéro à mesure que l'on fait plus d'épreuves; et l'on est pratiquement certain qu'il en est ainsi.

Si, sur les 90 000 ou sur les 9 000 000 de tirages, on avait oublié parfois de remettre une boule tirée dans l'urne, de manière que la composition de celle-ci eût varié tantôt dans un sens, tantôt dans un autre, le théorème de Bernoulli se transforme légèrement et devient la loi des grands nombres de Poisson; les écarts possibles deviennent un peu plus grands, mais on peut assigner ceux qui ne seront pas dépassés avec une quasi-certitude comme dans le cas précédent.

Le théorème de Bernoulli et la loi des grands nombres permettent donc de prédire les écarts dans le sens indiqué plus haut, quand on connaît la *probabilité a priori* de l'événement dont on provoque la répétition un grand nombre de fois.

Mais inversement, si l'on a observé dans une série nombreuse d'épreuves relatives à un événement et à son contraire, le nombre de fois que cet événement est arrivé, le rapport de ce nombre au nombre total d'épreuves, la *probabilité a posteriori*, comme on l'appelle, sera très peu différente de la *probabilité a priori* de l'événement observé et, par suite, peut servir à la trouver.

Ainsi, dans les exemples cités plus haut, le rapport du nombre des boules blanches au nombre des tirages

tendra fatalement vers un tiers et peut servir à faire connaître la composition relative de l'urne.

On peut traduire cette conséquence de la loi des grands nombres sous cette forme familière : On connaît d'autant mieux ce qu'il y a dans un sac que l'on y met plus souvent la main, et si on le fait assez souvent, on le connaîtra presque infailliblement. Plus solennellement, plus académiquement si l'on veut, la loi des grands nombres nous permet dans certains cas d'interroger la nature et de la forcer à répondre à nos questions.

V.

LA RUINE DU JOUEUR. LA GUERRE.

Moivre, Lagrange, Laplace et Ampère ont appliqué le théorème de Bernoulli au problème dit de la ruine du joueur, du joueur qui joue indéfiniment à un jeu équitable ou non.

Un jeu est dit équitable quand la mise du joueur est proportionnelle à sa probabilité de gagner.

Il résulte immédiatement du théorème de Bernoulli que chaque joueur gagnera à un jeu équitable à peu près un nombre de parties proportionnel à sa probabilité de gagner; plus il jouera, plus la proportionnalité sera exacte et, par suite, il gagnera ou perdra une fraction toujours décroissante de sa mise totale. Rien de plus consolant en apparence pour les joueurs obstinés.

Malheureusement, la mise totale croît sans cesse, et l'on prouve aisément qu'il est pratiquement sûr que la perte totale de l'un des deux joueurs dépassera sa fortune,

qu'il se ruinera si le temps ne lui manque pas. « La ruine tôt ou tard est certaine, dit Bertrand. La proposition semble contradictoire. En ruinant l'un des joueurs, le jeu enrichit l'autre; en s'exposant à perdre une fortune, on a l'espoir de la doubler. Cela n'est pas douteux; mais quand la fortune est doublée, le théorème s'y applique avec la même certitude (p. 105). » Par suite, « si deux joueurs jouent sans cesse, jusqu'à la ruine de l'un d'eux, le moins riche sera probablement vaincu ». En particulier, il en sera ainsi de « l'homme qui joue sans limite et sans cesse accepte tous les adversaires, dont l'ensemble, sans changer son sort, peut recevoir un nom collectif, *le public*; le public, qui n'est jamais ruiné, ruine les imprudents qui l'attaquent » (p. xvi).

« Tout change quand les conditions du jeu sont inégales », autrement dit quand le jeu n'est pas équitable. A fortune égale, c'est le joueur favorisé qui l'emportera presque infailliblement, si les enjeux ne sont pas trop élevés, de manière qu'il puisse jouer, en tout cas, un grand nombre de parties. Dans ces jeux, dit Buffon, le joueur favorisé, « le banquier n'est qu'un fripon avoué et le ponte », son adversaire, « une dupe dont on est convenu de ne pas se moquer » (*).

Mais il y a un cas où même le joueur favorisé se ruinera presque infailliblement, c'est celui où son avantage est petit et où il est forcé de jouer indéfiniment contre un adversaire très riche, et de jouer gros jeu; dans ce cas, il n'est plus protégé par le théorème de Bernoulli.

(*) QUETELET, p. 34.

Ainsi, dans le cas où le *total* des enjeux n'est pas limité, un milliardaire peut ruiner à coup sûr le banquier du jeu de trente et quarante, si ce banquier n'est que millionnaire. L'avantage de ce *fripon avoué*, dans ce cas, n'est que de 6 ‰, et il est insuffisant pour le défendre contre la stratégie d'un milliardaire, qui peut doubler un grand nombre de fois sa mise par personnes interposées.

Me permettez-vous, à l'imitation de Quetelet, une application, peut-être un peu naïve, de ce qui précède à la guerre. Annibal, dans sa lutte contre Rome, avait pour lui son génie militaire, l'indomptable valeur de ses auxiliaires gaulois, les richesses de Carthage, et pourtant il a perdu la partie : Rome avait une réserve indéfinie de patriotisme, elle pouvait être vaincue sur dix champs de bataille sans que rien fût compromis. Annibal était condamné à la victoire perpétuelle : il luttait pour la vie. En 1812, 1813 et 1814, une partie sanglante analogue s'est jouée en Espagne, en Russie, en Allemagne, entre Napoléon et les nations, et malgré son génie aussi, c'est Napoléon qui a été vaincu. Dans la guerre des Boers contre l'Angleterre, le même phénomène s'est reproduit : la petite nation africaine avait pour elle le droit, le patriotisme, la connaissance du théâtre de la lutte, l'endurance au climat ; elle a été vaincue par une armée de mercenaires indéfiniment renouvelable et disposant de vivres et de munitions en quantité illimitée. Tristes parties, disait Quetelet, il y a un demi-siècle, « que celles qui exigent pour enjeu la prospérité des nations et le sang des hommes ; où le gagnant est celui qui réussit à détériorer le mieux la part qu'il convoite, sans qu'il puisse prévoir l'étendue des sacrifices qu'il devra s'imposer pour l'obtenir » (p. 59).

VI.

APPLICATION AU TRANSFORMISME.

C'est sans doute aller à l'extrême des spéculations permises et peut-être même au delà, que d'appliquer les formules des géomètres sur la ruine du joueur aux hasards de la guerre. Mais assurément, comme l'a cru Delbœuf, on peut s'en servir pour porter quelque lumière dans une question de biologie, toujours actuelle, depuis qu'elle a été posée par Darwin, en 1859, dans l'*Origin of species*. Peut-on expliquer la formation de nouvelles espèces, ou au moins de nouvelles variétés, de nouvelles races — les géomètres ne peuvent les distinguer — par la survivance d'un *petit nombre* d'individus, devenus, dans la lutte pour la vie, *légèrement* plus aptes que la masse de leurs congénères; ou, comme disait Delbœuf, un principe interne de variation, si *faible* soit-il, doit-il à la fin introduire des changements toujours plus prononcés chez presque tous les individus appartenant à une même espèce? J'appuie sur les mots *petit nombre*, *légèrement plus apte*, *variation faible*, parce que la réponse à la question en dépend.

L'individu faiblement avantagé par la nature a un peu plus de chance de vivre et de perpétuer son avantage chez ses descendants qu'un autre quelconque des individus de la même espèce; c'est ce que tout le monde voit et dit. Mais ce que l'on oublie souvent, c'est qu'il en a infiniment moins que l'ensemble de ces individus, surtout s'il joue gros jeu, s'il joue souvent son existence. Il est dans le cas du banquier millionnaire qui est aux

prises avec un milliardaire au jeu de la roulette, et qui risque chaque fois une forte partie de sa fortune. Le milliardaire — ici l'ensemble des individus qui ne sont pas avantagés — perdra peut-être d'abord neuf ou dix millions, mais à la fin, il ruinera, presque infailliblement, le banquier qui n'est que millionnaire. Pour que celui-ci l'emportât, il faudrait que l'avantage qu'il a au jeu fût assez considérable et qu'ainsi il pût continuer indéfiniment la lutte. La loi des grands nombres est donc défavorable à l'évolutionnisme par transformation faible et lente, tandis qu'elle est favorable à l'évolutionnisme par transformation brusque et forte.

Darwin, à l'endroit où il combat le transformisme par saut brusque de Mivart et défend le transformisme par variations insensibles (*Origin of species*, 6^e édition stéréotype, tirage de 1882, p. 202), a bien vu que celui-ci présuppose que les petites variations favorables portent sur un grand nombre d'individus et que les variations défavorables en atteignent et en détruisent un grand nombre d'autres. Malheureusement, cela revient à dire qu'il y a évolution quand il y a évolution, et si Darwin n'avait pas d'autre argument, il n'aurait rien expliqué du tout.

Mais que penser de la démonstration si séduisante de Delbœuf (*) en faveur du transformisme par variation très faible d'un petit nombre d'individus? D'abord qu'elle est très fine et très ingénieuse, parce que l'auteur, comme

(*) *Revue scientifique* du 13 janvier 1877, pp. 669-679. C'est à la p. 673, col. 2, qu'il parle de la réduction à faire et qu'il suppose tous les individus égaux au point de vue des chances de vie.

Pascal dans le problème des partis, ne manie que des nombres entiers, il évite toute formule empruntée au calcul des probabilités, et c'est sagesse, car les biologistes et les philosophes se défient toujours des géomètres qui semblent mesurer la certitude, le doute, la probabilité, la possibilité. On ne songe pas à se défier de Delbœuf, qui ne fait que d'innocentes additions, soustractions et multiplications. Mais hélas, la démonstration ne prouve rien, à cause d'une singulière inadvertance de l'auteur : il a oublié de réduire au nombre primitif de représentants d'une espèce, le nombre total de ceux qui les remplacent après chaque génération, bien qu'il ait averti qu'il faut le faire. Il a oublié de faire une division ou de tenir compte du *struggle for life*. Or, quand on veut effectuer cette division, cette réduction nécessaire, on doit fatalement faire l'une de ces deux hypothèses : ou bien admettre, avec Delbœuf, que *tous les individus, transformés ou non, sont égaux au point de vue des chances de vie*, ou que les individus transformés sont les uns notablement plus aptes, les autres notablement moins aptes à l'emporter dans la lutte pour la vie. Dans le premier cas, le groupe non transformé, favorisé par sa supériorité numérique, l'emportera sur le groupe transformé, qui disparaîtra, contrairement à ce qu'a pensé Delbœuf (*). Dans l'autre cas, sa démonstration redevient valable tout en gardant sa belle simplicité, et ainsi complétée et corrigée, constitue un argument en faveur de l'évolutionnisme par saut brusque de Mivart.

(*) Il avait cependant remarqué, p. 673, col. 1, que *la rareté d'une espèce est un désavantage pour elle*.

VII.

LA VRAIE NATURE DU CALCUL DES PROBABILITÉS
ET DU HASARD.

La ruine du joueur, le jeu sanglant des armes comme on disait autrefois, le transformisme nous ont écarté de notre route. Revenons aux principes du calcul des probabilités et aux conséquences philosophiques de la loi des grands nombres.

Nous avons parlé de *probabilités a priori* et de *probabilités a posteriori* à propos de cette loi. Mais quand on y regarde de près, on s'aperçoit qu'en pratique, toutes les probabilités sont *a posteriori*. Nous disons que la probabilité d'amener un chiffre déterminé avec un dé, 5 par exemple, est $\frac{1}{6}$, parce que nous supposons le dé bien homogène et que nous jugeons qu'il est également facile d'amener chacune des six faces. Mais si le dé était pipé, s'il ne pouvait amener que les faces 4 et 5, d'ailleurs avec la même facilité, la probabilité d'amener 5 serait $\frac{1}{2}$.

En réalité, il n'y a qu'un moyen de savoir si le dé est pipé ou non, de connaître la probabilité objective de l'arrivée de chacune des faces, c'est de soumettre le dé à des épreuves répétées. On trouvera, par exemple, qu'en 600 épreuves, le 5 se présente 97 fois, en 6 000, 1 005 fois, en 12 000, 2 002 fois et ainsi de suite. On en conclura que la probabilité *a posteriori*, la probabilité objective de l'arrivée de 5 est environ $\frac{1}{6}$ ou, plus exactement, qu'elle est comprise entre $\frac{97}{600}$ et $\frac{1005}{6000}$. On se servira de la première valeur dans les calculs relatifs au théorème de Bernoulli, des autres, dans les

formules plus exactes relatives à la loi des grands nombres de Poisson.

Cela prouve que, bien loin qu'on puisse se passer de celle-ci en la remplaçant toujours par le théorème de Bernoulli, comme le veulent Bienaymé et Bertrand, l'emploi de cette loi est au contraire indispensable, puisque l'on ne peut jamais, en pratique, connaître une probabilité objective avec une exactitude absolue.

Il y a plus : quelque étrange que cela paraisse, le calcul des probabilités n'existerait plus, n'aurait plus aucune raison d'être, si la probabilité objective d'un événement était une fraction bien déterminée.

Quel sens, en effet, pourrait-on donner à cette phrase : La probabilité de l'arrivée d'un 5 quand on jette un certain dé sur une table est constamment égale à $\frac{1}{6}$? Pas d'autre que celui-ci : En 6 coups, 5 se présente une fois ; en 12, deux fois, en 600, cent fois et ainsi de suite. Ce n'est pas tout, il faut évidemment que le 5 se présente toujours au même rang dans chaque série de six coups depuis le début du jeu ; sans cela, en subdivisant les 600 coups en groupes convenables, il y aurait des *sixaines* sans 5. Mais si 5 se présente avec cette régularité absolue, il n'y a plus rien de probable ou d'improbable dans son arrivée ; on est certain qu'il se présentera ou non quand on jouera tel ou tel coup dans la série des 600 ; ce sera une loi de la nature.

Ce que nous disons à propos de ce dé peut se répéter à propos de toutes les questions de probabilités. *Le calcul des probabilités ne s'applique pas à des phénomènes dont on connaît les lois d'une manière absolue ;* car dans l'ordre de ces phénomènes, on prédit à coup sûr si l'on en connaît les lois. « Une intelligence qui, pour un instant donné,

dit Laplace, connaîtrait toutes les forces dont la nature est animée, et la situation respective des êtres qui la composent, si, d'ailleurs, elle était assez vaste pour soumettre ces données à l'analyse, embrasserait dans la même formule les mouvements des plus grands corps de l'univers et ceux du plus léger atome : *rien ne serait incertain pour elle, et l'avenir comme le passé serait présent à ses yeux* (pp. II-III). »

Avant Laplace, Schiller avait dit par la bouche de Wallenstein (*) :

*Es giebt keinen Zufall,
Und was uns blindes Ohngefähr nur dünkt,
Gerade das steigt aus dem tiefsten Quellen.*

Oui, à part le domaine des actions libres dont Laplace ne s'occupe pas, tout est soumis à des lois dans la nature ; il n'y a pas de hasard dans le sens strict du mot, et ce que nous appelons cas fortuit a son origine dans quelque relation nécessaire, mystérieuse et cachée.

Malheureusement ces lois, auxquelles nous croyons avec une foi si profonde et d'ailleurs si bien justifiée, comme nous le dirons plus loin, nous ne les connaissons pas toutes ; nous n'en connaissons même que très peu ; en outre, nous sommes loin d'avoir cette intelligence sublime qui permettrait d'embrasser dans une même formule tous les mouvements de l'univers physique.

Mais nous ne sommes pas complètement ignorants non plus. Il arrive que nous parvenions à trouver des rapports à peu près constants dans l'apparition de certains phénomènes. C'est alors que le calcul des probabi-

(*) *Mort de Wallenstein*, acte II, scène 3, vers la fin.

lités intervient au moyen de la loi des grands nombres et permet de prédire presque à coup sûr, comme nous l'avons dit, les écarts maxima entre lesquels varieront ultérieurement ces rapports sous une ou plusieurs influences perturbatrices.

Le calcul des probabilités a donc pour objet les événements que nous sommes fondés à considérer comme soumis à une loi partiellement inconnue, loi complexe d'ailleurs, résultante d'une loi principale, d'après laquelle des rapports numériques sont constants, et de lois perturbatrices secondaires donnant naissance à de faibles variations de ces rapports, variations dites *fortuites* par définition (*).

Quand donc, en calcul des probabilités, on parle des *lois du hasard*, comme on l'a fait plus d'une fois, il faut bien l'avouer, pour éblouir les profanes (**), c'est par une hardie figure de langage, une catachrèse, je crois. La loi se rencontre dans la loi principale qui affirme la constance absolue de certains rapports, le hasard dans la perturbation qui les fait un peu varier, soit par l'intervention de causes volontaires, — c'est, ce semble, le hasard, dans le sens propre du mot (***), — soit par l'intervention d'autres lois naturelles. Dans ce dernier cas, comme l'a dit Laplace, le hasard n'est que l'ignorance où nous nous trouvons de la nature de ces lois.

(*) Bien entendu, ces lois perturbatrices secondaires n'entrent pas en action dans les mêmes circonstances que la loi principale, sans quoi la loi complexe, résultante de la loi principale et des lois perturbatrices, serait une loi absolue pour le phénomène considéré.

(**) BERTRAND, *Les lois du hasard*, introduction à son cours, pp. vi-l. M. CANTOR, *Das Gesetz im Zufall*. Berlin, Habel, 1877.

(***) « La liberté du choix produit, à parler rigoureusement, les seuls cas fortuits. » (BERTRAND, p. XLIX.)

VIII.

APPLICATION AUX JEUX.

Les remarques précédentes nous permettent d'indiquer un certain nombre de cas où le calcul des probabilités a une portée objective.

Il y a d'abord les jeux de hasard non équitables, loteries d'État, jeux de trente et quarante, etc., au moyen desquels les *fripons avoués* dont parle Buffon détroussent à coup sûr les contribuables ou les dupes qu'attire l'espérance fallacieuse de gains fabuleux. Le produit annuel de l'ancienne loterie de France pouvait être porté au budget comme un revenu de l'État à peu près certain.

Dans les jeux de hasard équitables, on est étonné du petit nombre de coups nécessaires pour qu'apparaissent les rapports presque constants qui caractérisent la loi des grands nombres. Ainsi, par exemple, dans les jeux où l'on emploie les dés, on remarque bien vite qu'il est facile de s'en procurer d'homogènes, c'est-à-dire tels que chaque face se présente approximativement une fois sur six.

Il en est de même pour les cartes. Gauss jouait tous les soirs au whist avec trois amis. Il a noté, pendant plusieurs années, pour chacun des quatre joueurs, le nombre de fois où ils ont eu dans leur jeu, 1, 2, 5, 4 ou aucun as : il a trouvé que ces nombres étaient à peu près ceux que donnerait le calcul des probabilités.

Ce résultat est d'autant plus curieux qu'il n'y a pas à espérer que les hommes réalisent jamais toutes les combinaisons possibles que peuvent présenter les cinquante-deux cartes d'un jeu de whist : deux cent millions

de joueurs devraient pour cela jouer jour et nuit, à deux minutes par jeu, pendant plus de dix mille milliards de siècles, en supposant bien entendu qu'aucune combinaison déjà obtenue ne se reproduise jamais. Dans les observations de Gauss, la constance approximative des rapports exigée par la loi des grands nombres a apparu après un nombre d'épreuves relativement faible (*).

Cette même constance apparaît plus curieuse encore dans un autre jeu, purement mathématique d'ailleurs, où le nombre des cas possibles ne se compte pas par milliards, mais où il est triplement infini, comme le nombre des points d'un volume. Je veux parler du jeu ou problème de l'aiguille. On jette une aiguille, parfaitement cylindrique et homogène, sur un parquet où sont tracées des parallèles équidistantes : leur distance est précisément la longueur de l'aiguille. La probabilité *a priori* que l'aiguille rencontre les parallèles est $(2 : \pi)$, π étant le rapport de la circonférence au diamètre. M. J. Richard, en mille épreuves seulement, a trouvé pour la probabilité *a posteriori* (20 : 51), valeur qui diffère bien peu de la probabilité calculée *a priori* (**). Des expériences antérieures avaient donné des résultats analogues.

Dans son *Calcul des probabilités* (pp. 4-5), Bertrand s'est amusé à traiter une question où il y a ainsi un nombre infini de cas possibles, mais de propos délibéré sans doute, il l'a fait de manière à dérouter le lecteur. Il s'agit du problème suivant : *Quelle est la probabilité qu'une corde tracée au hasard dans un cercle est plus petite que le côté*

(*) Voir CANTOR, pp. 24-25.

(**) *Sur la philosophie des mathématiques*. Paris, Gauthier-Villars, 1903, p. 161.

du triangle équilatéral. Bertrand donne trois solutions et trois réponses absolument divergentes : $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$. Un des plus fins géomètres contemporains, notre associé, M. Ernest Cesàro, a montré depuis longtemps qu'il n'y avait rien d'extraordinaire dans les résultats de Bertrand. Au fond, celui-ci a traité trois problèmes distincts, et si l'on voulait faire des essais expérimentaux y relatifs, il faudrait, pour réaliser les conditions admises implicitement dans les trois solutions, trois dispositifs mécaniques différents (*).

IX.

APPLICATION A LA STATISTIQUE.

La plus belle et la plus utile application de la loi des grands nombres est incontestablement celle qu'on en a faite à la statistique entendue dans le sens le plus large de ce mot. L'importance de la statistique grandit tous les jours à notre époque, parce qu'elle permet de saisir les phénomènes actuels de l'évolution sociale par une sorte d'enregistrement presque continu.

Dans les pays civilisés, le dénombrement exact des naissances, des décès, des mariages, des délits, des crimes et d'une foule d'autres faits sociaux a permis de démêler certaines lois et d'en tirer des conséquences théoriques et pratiques.

(*) Le travail de M. Cesàro, malheureusement enfoui dans un recueil élémentaire trop peu connu, le *Periodico di matematica* (1891, janvier et février), contient d'ailleurs les vrais principes relatifs aux probabilités continues et beaucoup d'autres idées justes sur l'objet même de la présente lecture.

Les données relatives aux naissances et aux décès ont permis de calculer des tables dites de mortalité ou mieux de survie. La décroissance régulière des nombres qui y sont inscrits a permis de résumer ces tables dans des formules mathématiques dues à Gompertz et à Makeham. Les tables de survie ou les formules équivalentes sont la base des calculs des innombrables sociétés d'assurances sur la vie qui ont surgi partout et dont les plus anciennes datent de trois siècles. Les nombres inscrits dans ces tables ne sont qu'à peu près constants, ils varient sous mille influences diverses, et les calculateurs de ces sociétés, les actuaires, ont soin de *réajuster* sans cesse leurs tables pour les remettre d'accord avec la réalité. Mais ce sont là précisément les conditions d'application à coup sûr du calcul des probabilités : une loi principale, d'après laquelle certains rapports sont constants, des lois secondaires qui les font varier légèrement, souvent sans qu'on puisse s'en apercevoir qu'après des calculs laborieux. Quelles données historiques hautement intéressantes ne sont pas contenues implicitement dans ces tables de survie, en apparence si arides et si stériles ! Donnons-en un exemple : En 1829, la vie moyenne en Belgique était de 51 ans et 5 mois ; en 1856, de 58 ans et 1 mois ; en 1890, de 45 ans et 1 mois. Mais le changement n'a pas été brusque ; personne ne s'est douté que, d'année en année, chaque Belge, en moyenne, vivait quatre-vingts jours de plus ; personne, sauf toutefois les actuaires, dont plusieurs, dit-on, se servent, dans leurs contrats avec les assurés, des tables de 1856, quand elles sont plus avantageuses pour les assureurs que celles de 1890.

Quetelet a remarqué que les nombres relatifs à l'âge où

l'on se marie procèdent avec plus de régularité que ceux qui se rapportent à l'âge où l'on meurt. On en a été étonné, presque scandalisé. Le mariage n'est-il pas un acte plus libre que la mort? On meurt malgré soi; on se marie, en général, parce qu'on le veut bien. Cela est vrai. Mais pourquoi les actes libres n'obéiraient-ils à aucune loi? En réalité, la raison agit chez l'homme comme une règle. Nous sommes réunis aujourd'hui dans cette salle du Palais des Académies pour la séance annuelle de la Classe des sciences. Nous sommes venus les uns de Bruxelles, les autres de Gand, Liège, Louvain, Anvers, Malines, Gembloux, etc. On sait que les membres de l'Académie et leurs auditeurs sont gens raisonnables. On prédira donc hardiment qu'aucun des assistants à cette réunion, étranger à Bruxelles, ne retournera chez lui à pied; et qu'aucun des Bruxellois, avant de rentrer à son *home*, n'ira faire une promenade à Waterloo. Et pourtant ne sommes-nous pas libres d'agir autrement, ne pourrions-nous pas retourner à pied ou aller relire l'*Expiation* de Victor Hugo dans la *morne plaine* où sombra la fortune de Napoléon? Mais ce serait trop absurde.

Quand les hommes agissent raisonnablement, ils se conduisent à peu près tous de même dans les mêmes circonstances. C'est pour cela que la loi des grands nombres est applicable à une foule de phénomènes sociaux où la liberté humaine intervient comme facteur principal.

Mais la constance, ou la quasi-constance du nombre des vols à main armée et des crimes, nous dira-t-on, comment allez-vous l'expliquer? Car cette constance est aussi un fait : *il est un budget*, dit Quetelet, *qu'on paie avec une régularité effrayante, c'est celui des prisons, des*

bagnes et des échafauds (p. 96). Est-ce qu'on tue, est-ce qu'on vole fatalement? Les passions sont-elles irrésistibles?

Non évidemment; mais dans de telles ou telles circonstances, tel ou tel criminel vole ou tue presque fatalement, comme l'observation le prouve; dans certains cas, il est presque impossible de résister à la tentation pour ceux qui ont l'habitude du vol et du meurtre, car, suivant le vieux dicton : *l'habitude est une seconde nature*. Les voleurs et les assassins, qui ont depuis longtemps étouffé presque complètement la voix de leur conscience, voleront et tueront probablement en 1904, comme ils ont volé et tué en 1903. Quelques-uns, il est vrai, s'amenderont à cause de leur âge ou de leur vigueur disparue, quelques-uns mourront ou seront emprisonnés et mis dans l'impossibilité de nuire. Mais d'autres sortiront de prison pour recommencer une vie criminelle; il y en a aussi qui entreront dans la carrière du vol et du meurtre après s'être fait la main en commettant avec une facilité toujours plus grande des délits de plus en plus graves.

Ainsi se recrute l'armée de ces malheureux livrés à leurs plus mauvais instincts. Ce sont ces mauvais instincts, fortifiés par des habitudes invétérées, qui agissent comme une loi, et c'est pour cela que, hélas, on peut prédire quel sera à peu près le terrible *budget du crime* dont a parlé Quetelet. Nous ajoutons avec lui que *c'est celui-là surtout qu'il faut s'attacher à réduire*, parce qu'on le doit et que l'expérience a prouvé qu'on le peut.

En résumé, l'homme qui s'abandonne à ses instincts pervers agit comme d'après une loi; l'homme qui suit les lumières de sa raison et suivant la belle pensée antique s'efforce d'être le plus homme possible, agit aussi comme

d'après une loi. Des rapports numériques à peu près constants s'observent dans certains phénomènes sociaux qui dépendent de ces deux forces adverses, l'une agissant comme force principale, l'autre comme force perturbatrice. La statistique morale, cette création originale de Quetelet, permet de constater, dans les deux cas, jusqu'à quel point l'homme a écouté la voix de sa conscience : *In der Moralstatistik*, dit M. Cantor, *ist dem Gewissen der Menschheit Gelegenheit gegeben sich zu äusseren* (p. 45).

X.

FAUSSES APPLICATIONS MATHÉMATIQUES DU CALCUL DES PROBABILITÉS.

J'aborde maintenant l'examen critique de quelques applications illégitimes du calcul des probabilités et d'abord d'applications mathématiques.

Bienaymé a énoncé et a cru démontrer en 1875 (*) le théorème suivant : « Dans une série de nombres pris au hasard, il y en a à peu près un tiers plus grands que celui qui précède et que celui qui suit, un tiers plus petits, un tiers qui sont compris entre le précédent et le suivant » ; autrement dit, à peu près un tiers de maxima, un tiers de minima, un tiers de séquences. Bertrand a essayé de donner une démonstration élémentaire de ce théorème. On l'a en outre vérifié au moyen des tables de logarithmes, en ne considérant que les derniers chiffres des logarithmes des nombres ou des fonctions circulaires.

(*) *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, t. LXXXI, pp. 417-423.

La démonstration du théorème est inutile, parce qu'il est évident d'après le sens même attaché naturellement aux mots : *nombre choisis au hasard*. Si le théorème énoncé ne se vérifiait pas pour une série de nombres suffisamment étendue, on ne dirait pas de ces nombres qu'ils sont pris au hasard. On ne le dirait pas, par exemple, si les maxima, minima et séquences se succédaient *avec une régularité absolue* comme dans la suite

1, 5, 2; 4, 6, 5; 7, 9, 8; etc.,

parce que la notion du hasard, en calcul des probabilités, implique qu'il y a une loi, mais une loi *légèrement* troublée par des perturbations. Or, dans la suite indiquée, il y a une loi, mais il n'y a pas de perturbations.

Si, dans une suite de nombres, il y avait continuellement deux séquences après un maximum et un minimum, comme dans celle-ci,

1, 2, 3, 2; 4, 5, 6, 5; 7, 8, 9, 8; etc.,

on aurait une autre loi que celle de Bienaymé et l'on ne pourrait pas dire non plus que les nombres se suivent au hasard.

La vérification que l'on a faite au moyen des tables de logarithmes ne confirme en rien l'exactitude de la proposition de Bienaymé; on a simplement constaté que les derniers chiffres des tables se succèdent au hasard dans le sens de son théorème, disons mieux, dans le sens de sa définition du hasard.

Dans son livre : *La science et l'hypothèse* (pp. 224-226), M. Poincaré a montré, à propos d'un autre exemple mathématique, comment, en apparence, on semble appli-

quer le calcul des probabilités, tandis qu'au fond on démontre, d'abord par à-peu-près, puis rigoureusement, un théorème d'analyse. Parmi les dix mille logarithmes d'une table, dit-il en substance, j'en prends un au hasard. Quelle est la probabilité que sa troisième décimale est un nombre pair. Je n'hésite pas à répondre $\frac{1}{2}$, et, en effet, en relevant dans une table les troisièmes décimales de ces dix mille nombres, je trouve à peu près autant de chiffres pairs que de chiffres impairs; la probabilité objective est donc d'accord avec la probabilité subjective. Mais, en réalité, comme le remarque immédiatement le savant géomètre, la vérification était inutile, parce qu'on peut démontrer rigoureusement qu'il y a à peu près autant de troisièmes décimales paires que d'impaires dans les tables des valeurs de toutes les fonctions continues à dérivées premières et secondes limitées. En répondant $\frac{1}{2}$ à la question posée, il faisait, dit-il, dans son for intérieur, d'une façon plus ou moins inconsciente et imparfaite, le raisonnement qui l'a conduit à la démonstration complète du théorème, « comme un calculateur exercé qui avant d'avoir achevé une multiplication se rend compte que *cela va faire à peu près tant* ». Le théorème d'ailleurs est un théorème d'analyse, une loi absolue sans aucune perturbation à laquelle on puisse appliquer le mot de hasard.

Cournot, qui pourtant se piquait d'être philosophe, n'a pas eu autant de perspicacité que M. Poincaré, en traitant une question analogue à la précédente. Il a cru pouvoir appliquer la loi des grands nombres entendue d'une manière très particulière, à la récurrence des dix chiffres 0, 1, 2, ..., 9, dans la valeur de π exprimée au

moyen du nombre 5, suivi d'une suite illimitée de décimales (*).

Pour Cournot, les événements fortuits ou les résultats du hasard sont ceux qui sont amenés par l'action simultanée d'autres événements appartenant à des séries indépendantes. C'est une bonne définition du hasard, mais trop large pour les applications du calcul des probabilités, parce que, dans celui-ci, on est toujours forcé de supposer l'une des séries fortement *prédominante et ordonnée*, les autres ne jouant que le rôle de séries *légèrement perturbatrices*.

Cournot, en partant de cette notion du hasard, affirme *a priori* que la suite indéfinie des chiffres du nombre π doit présenter *tous les caractères d'une succession fortuite*, bien que chaque chiffre ait une valeur rigoureusement déterminée; autrement dit, il doit y avoir, dans la valeur de π , à peu près autant de 0, que de 1, 2, 5, ..., 9. Cette assertion repose sur ce qu'il n'y a nulle solidarité, nulle dépendance entre π et la base 10 de la numération décimale.

Observons tout d'abord que l'on ignore s'il n'y a aucune solidarité entre π et 10. Il y en a bien une entre π , 5 et 259, comme le prouve la célèbre formule de Machin :

$$\frac{\pi}{4} = 4 \left[\frac{1}{5} - \frac{1}{3} \left(\frac{1}{5} \right)^3 + \frac{1}{5} \left(\frac{1}{5} \right)^5 - \frac{1}{7} \left(\frac{1}{5} \right)^7 + \dots \right] \\ - \left[\frac{1}{259} - \frac{1}{3} \left(\frac{1}{259} \right)^3 + \frac{1}{5} \left(\frac{1}{259} \right)^5 - \frac{1}{7} \left(\frac{1}{259} \right)^7 + \dots \right].$$

(*) Voir LECHALAS, *Le hasard*. (REVUE NÉOSCOLASTIQUE, 1903, pp. 148-164.)

Ensuite, n'y eût-il aucune solidarité entre π et 10, comment pourrait-on déduire de là que, dans l'expression de π , le nombre des 5 et celui des 4 est à peu près le même? Sur un nombre donné de décimales, un million par exemple, il y a un nombre déterminé de 5, un nombre déterminé de 4; personne n'a prouvé que le rapport de ces deux nombres tende vers l'unité ou vers une autre limite quelconque quand le nombre des décimales croît. Mais eût-on prouvé complètement l'assertion de Cournot, on ne pourrait nullement dire qu'elle est une conséquence de la loi des grands nombres ou d'aucun théorème du calcul des probabilités. C'est une proposition d'analyse, vraie ou fausse, comme la remarque de M. Poincaré sur la troisième décimale des logarithmes. Au fond, Cournot attribue au hasard un rôle régulateur, tandis qu'en *calcul des probabilités*, le hasard est, par définition, un perturbateur des lois et des règles.

XI.

L'ARGUMENT ÉPICURIEN CONTRE LES CAUSES FINALES.

L'erreur la plus ancienne relative au calcul des probabilités est sans doute celle qui est contenue dans l'argument épicurien contre les causes finales. On trouve cet argument dans le *De natura rerum*, ce poème étrange où Lucrèce, le poète pessimiste de la fin de la république, a exposé avec une si naïve ignorance la science arriérée d'Épicure, sans se douter et sans se soucier des immortelles découvertes faites dans l'intervalle par Aristarque de Samos, Archimède, Ératosthènes, Hipparque.

*Nam certe neque consilio primordia rerum
Ordine se suo quaeque sagaci menti locarunt*

*Nec quos quaeque darent motus pepigere profecto,
Sed quia multa modis multis mutata per omne
Ex infinito vexantur percita plagis,
Omne genus motus et coetus experiundo,
Tandem deveniunt in talis disposituras,
Qualibus haec rerum constitit summa creata.*

« Assurément ce n'est pas à dessein ni par une pensée intelligente que les éléments des choses se sont arrangés chacun à leur place; ils n'ont pas concerté d'avance les mouvements de chacun d'eux. Mais nombreux, changeant de mille manières, partout et toujours, frappés et détournés par des chocs, essayant toute sorte de mouvements et d'assemblages, ils arrivent enfin à cet arrangement des choses qui constitue notre univers (*). »

C'est dans les mots *omne genus motus et coetus experiundo*, « en essayant toute sorte de mouvements et d'assemblages », que se trouve le postulat de Lucrèce, postulat qu'ont admis d'ailleurs, consciemment ou non, beaucoup de ceux qui ont écrit contre l'argument épicurien; tous, sans s'en douter, ont en réalité confondu probabilité subjective et probabilité objective. Comme c'est une erreur très commune, expliquons de nouveau la différence entre les deux espèces de probabilités en l'appliquant à la question de l'argument épicurien.

La probabilité objective d'amener un 4 ou un 5 avec un dé est $\frac{1}{6}$, si sur 600, 6 000 coups, 4 ou 5 arrive à peu près 100 fois, 1 000 fois, etc.; elle est $\frac{1}{2}$, au contraire, si le dé est pipé et n'amène que 4 ou 5, d'ailleurs avec une égale facilité. Mais dans les deux cas, pour qui a

(*) Texte de la petite édition de Bernays (Leipzig, Teubner, 1874), I, v. 1024-1028; ancienne traduction un peu retouchée.

vu simplement le dé, s'il le croit homogène, ou pour qui ne l'a jeté qu'une seule fois, la probabilité subjective est $\frac{1}{6}$.

Si les lettres du premier vers de l'Iliade ou, si vous le voulez, de l'Iliade entière peuvent former n arrangements différents, — mettons un trillion, mais c'est beaucoup trop peu, — l'un d'eux sera, par hypothèse, le poème attribué à Homère. On pourra dire que la probabilité de l'arrivée du poème, quand on arrange toutes les lettres à la suite les unes des autres sans les voir, est un trilliionième dans deux sens encore. Dans le sens subjectif, cela signifie simplement que l'Iliade est l'un des arrangements que l'on peut imaginer fait avec ces lettres. Dans le sens objectif, cela veut dire que *les arrangements de ces lettres se font d'après des lois* telles que sur p fois n arrangements (mettons sur un dodécillion) l'Iliade se présente environ p fois (soit un octillion de fois); p est supposé un nombre très grand par rapport à n , comme ici un octillion par rapport à un trillion.

Regardons maintenant le monde actuel depuis que l'on a cru y voir des marques de dessein comme une Iliade immense dont les derniers éléments peuvent former N arrangements. La probabilité subjective de l'arrivée du monde actuel sera $\frac{1}{N}$, car cet arrangement existant est un des N possibles. Mais il serait absurde d'admettre que la probabilité objective est aussi $\frac{1}{N}$, car ce serait supposer les derniers éléments des corps soumis à des lois telles que, sur PN arrangements, elles forcent ces éléments à passer à peu près P fois par chacun des N arrangements imaginables, P étant très grand par rapport à N . Dans

cette hypothèse et dans cette hypothèse seulement, on pourrait admettre le postulat puéril de Lucrèce et d'Épicure : *en essayant toute sorte de mouvements et d'assemblages, les éléments arrivent enfin à cet arrangement des choses qui constitue notre univers.*

Mais qui pourrait établir l'existence des lois dont il vient d'être question ? La loi de la dissémination de l'énergie tend au contraire à prouver que l'univers, loin de repasser périodiquement par les mêmes états, marche vers un état final définitif.

L'argument épicurien est donc sans aucune valeur.

XII.

DE LA PROBABILITÉ DES CAUSES ET DES ÉVÉNEMENTS FUTURS TIRÉE DES ÉVÉNEMENTS OBSERVÉS.

« Bayes, dans les *Transactions philosophiques* de 1765, dit Laplace, a cherché directement la probabilité que les possibilités indiquées par des expériences déjà faites sont comprises entre des limites données; il y est parvenu d'une manière très fine et très ingénieuse, quoiqu'un peu embarrassée. Cet objet se rattache à la théorie de la probabilité des causes et des événements futurs, conclue des événements observés; théorie dont j'exposai quelques années après les principes, avec la remarque de l'influence des inégalités qui peuvent exister entre les chances que l'on suppose égales (p. cxxxvii). »

Laplace, contre son habitude, est ici trop modeste; car les mémoires posthumes de Bayes, publiés en 1764

et 1765, ne contiennent les principes relatifs à la matière que sous forme très imparfaite. C'est Laplace lui-même qui a établi, au moyen des principes antérieurement connus, les deux théorèmes fondamentaux sur la probabilité des causes et des événements futurs, tirée des événements observés.

Au premier abord, ces deux théorèmes semblent pleins de promesses; ne contiennent-ils pas toute la méthode de la philosophie naturelle : trouver les causes probables des événements observés, prédire les événements futurs, que veut-on de plus? Il faut bien en rabattre, hélas, parce que les théorèmes de Laplace présupposent la connaissance *a priori* de toutes les causes qui ont pu donner naissance aux événements observés, et de la probabilité, *a priori* aussi, de l'arrivée de ces événements dans l'hypothèse de l'action de chacune de ces causes. Peut-on trouver un seul cas pratique où ces hypothèses soient vérifiées? Nous en doutons fort.

Aussi toutes les applications connues des principes de Bayes et Laplace à l'étude de la nature n'ont-elles qu'une valeur subjective, comme Bertrand et M. Poincaré l'ont fait remarquer avec beaucoup de force dans leurs ouvrages sur le *Calcul des probabilités*. Ceux qui ont calculé la probabilité de certaines causes en oubliant les conditions d'existence des théorèmes fondamentaux sont arrivés à des résultats démentis par les faits. Laplace, par exemple, à une époque où l'on avait constaté quarante-trois mouvements directs dans les révolutions et les rotations des corps du système solaire, disait que l'on peut parier plus de quatre milliards contre un, qu'une cause générale a déterminé le sens de tous ces mouvements (pp. LX-LXI).

On pouvait donc prédire à coup sûr qu'il n'y a pas de mouvements rétrogrades dans le système solaire, et cependant il y en a.

Veut-on une application plus familière qui montre le caractère subjectif de cette théorie? Je l'emprunte à M. Poincaré (*). A l'écarté, votre adversaire donne et tourne le roi; quelle est la probabilité que ce soit un grec? Dans l'ignorance où l'on est de l'honnêteté de son adversaire, on suppose que cette probabilité *a priori* est $\frac{1}{2}$. Alors la probabilité *a posteriori*, déduite de l'arrivée du roi, serait $\frac{8}{9}$. Elle serait donc énorme. Si l'on suppose que la probabilité *a priori* est $\frac{1}{9}$, la probabilité *a posteriori* est $\frac{1}{2}$. Avant l'arrivée du roi, on pouvait donc parier 8 contre 1 que l'adversaire n'était pas un tricheur; après, seulement 1 contre 1. Évidemment, des conclusions aussi étranges sont purement subjectives.

La conséquence la plus grave en apparence de ce qui précède est la suivante. On expose d'ordinaire la méthode des moindres carrés, en la fondant sur la loi des erreurs accidentelles de Gauss et sur la règle de Bayes ou sur la considération équivalente des probabilités relatives. Il semble donc au premier abord que la méthode des moindres carrés elle-même n'ait plus de portée objective.

Heureusement, il n'en est rien. On n'est pas forcé de baser la méthode des moindres carrés, ni la théorie des moyennes, qui en est un cas particulier, sur la théorie de

(*) *Calcul des Probabilités*, p. 134.

la probabilité des causes. Comme l'a montré Quetelet, le groupement, suivant la loi exponentielle ou binomiale de Laplace et de Gauss, des valeurs dont on cherche la moyenne est, dans un grand nombre de recherches de physique sociale, un fait contre lequel les critiques subjectives ne peuvent rien. La méthode des moindres carrés peut s'exposer d'une manière purement algébrique, en utilisant les beaux travaux analytiques de MM. Glaisher et Van Geer. On est ainsi d'ailleurs dans la tradition de Legendre, et même de Gauss dans ses leçons, c'est-à-dire des inventeurs de la méthode.

De même, si la règle de Bayes ne peut rien apprendre de sérieux, d'objectif sur l'existence d'une cause du mouvement des planètes dans le sens direct, ou sur d'autres lois naturelles, cela ne prouve pas la non-existence de cette cause ou de ces lois; cela ne prouve pas qu'un autre principe du calcul des probabilités ne puisse nous donner des lumières sur des questions de ce genre, comme nous le dirons tantôt.

XIII.

APPLICATION DU CALCUL DES PROBABILITÉS AUX DÉCISIONS JUDICIAIRES.

« L'application du calcul des probabilités aux décisions judiciaires est, dit Stuart Mill, le scandale des mathématiques. L'accusation est injuste. On peut peser du cuivre et le donner pour or, la balance est sans reproche. Dans leurs travaux sur la théorie des jugements,

Condorcet, Laplace, Poisson » et Cournot « n'ont pesé que du cuivre (*). »

Ces paroles de Bertrand excusent les mathématiciens, mais elles n'excusent pas les mathématiciens — dont deux illustres et même l'un, Laplace, très illustre — d'avoir tenté de soumettre au calcul des probabilités des événements qu'il est évidemment impossible de ranger sous une loi, si peu strictement approximative qu'on la suppose. Au moins avons-nous cette consolation que c'est un mathématicien aussi, Bertrand lui-même, qui a définitivement banni des traités ce chapitre humiliant sur la probabilité des jugements.

L'erreur fondamentale de Condorcet, de Laplace, de Poisson et de Cournot, c'est d'assimiler un jugement au tirage de boules d'une urne qui en contient des blanches et des noires ; l'un suppose que la composition de l'urne est constante pour tous les procès et qu'elle est la même pour tous les juges ; un autre fait varier la composition de l'urne d'un procès à l'autre ; un troisième donne une urne plus riche en boules blanches au juge plus intègre ou plus perspicace.

Mais à tous leurs systèmes, on peut faire une objection sans réplique possible. « L'indépendance des tirages est supposée ; les urnes, dans les calculs, échappent à toute influence commune. Les juges, au contraire, s'éclairent les uns les autres, les mêmes faits les instruisent, les mêmes témoignages les troublent, la même éloquence les égare, c'est sur les mêmes considérants qu'ils font reposer

(*) BERTRAND, p. XLIII.

la vérité ou l'erreur. L'assimilation est impossible (*). »

Frappons-nous donc la poitrine, nous autres mathématiciens, et pour ne plus retomber dans de pareilles aberrations, relisons la page où Pascal a indiqué si bien, quoique avec quelque exagération, selon son habitude, « la différence entre l'esprit de géométrie et l'esprit de finesse ». On peut d'autant plus le croire qu'il a été, lui aussi, une victime de l'esprit mathématique appliqué à la psychologie et à l'apologétique.

« En l'un, dit Pascal, les principes sont palpables, mais éloignés de l'usage commun ; de sorte qu'on a peine à tourner la tête de ce côté-là, manque d'habitude. »

« Mais dans l'esprit de finesse, les principes sont dans l'usage commun et devant les yeux de tout le monde. On n'a que faire de tourner la tête ni de se faire violence. Il n'est question que d'avoir bonne vue, mais il faut l'avoir bonne ; car les principes sont si déliés et en si grand nombre, qu'il est presque impossible qu'il n'en échappe. Or l'omission d'un seul principe mène à l'erreur. »

« Ce qui fait donc que de certains esprits fins ne sont pas géomètres, c'est qu'ils ne peuvent du tout se tourner vers les principes de géométrie ; mais ce qui fait que des géomètres ne sont pas fins, c'est qu'ils ne voient pas ce qui est devant eux et qu'étant accoutumés aux principes nets et grossiers de géométrie, et à ne raisonner qu'après avoir bien vu et manié leurs principes, ils se perdent dans les choses de finesse, où les principes ne se laissent pas ainsi manier. On les voit à peine, on les sent plutôt

*) BERTRAND, p. XLV.

qu'on ne les voit ; on a des peines infinies à les faire sentir à ceux qui ne les sentent pas d'eux-mêmes ; ce sont choses tellement délicates et si nombreuses, qu'il faut un sens bien délicat et bien net pour les sentir, et juger droit et juste selon ce sentiment, sans pouvoir le plus souvent les démontrer, parce qu'on n'en possède pas ainsi les principes, et que ce serait une chose infinie de l'entreprendre. Il faut tout d'un coup voir la chose d'un seul regard, et non par progrès de raisonnement, au moins jusqu'à un certain degré. Et ainsi il est rare que les géomètres soient fins, et que les fins soient géomètres, à cause que les géomètres veulent traiter géométriquement ces choses fines, et se rendent ridicules, voulant commencer par les définitions, et ensuite par les principes, ce qui n'est pas la manière d'agir en cette sorte de raisonnement. Ce n'est pas que l'esprit ne le fasse ; mais il le fait tacitement, naturellement et sans art, car l'expression en passe tous les hommes et le sentiment n'en appartient qu'à peu d'hommes (*). »

XIV.

LE PRINCIPE DE L'ACCUMULATION DES PROBABILITÉS INDÉPENDANTES DE NEWMAN.

Les principes fondamentaux du calcul des probabilités sont peu nombreux : celui des probabilités totales et des probabilités composées, dus à Fermat (1654) ; le théo-

(*) *Pensées*, édition Didiot (Lille, Desclée, 1896), pp. 59-60. Cette édition, selon nous, est la seule bonne au point de vue philosophique et théologique.

rème de Bernoulli (1715) et la loi des grands nombres de Poisson (1837); les règles de Bayes et de Laplace (1764, 1774) sur les probabilités des causes et des événements futurs. Un dernier principe est celui de l'accumulation des probabilités indépendantes, entrevu maintes fois dans le passé, mais qui n'a été mis en pleine lumière qu'en 1858, dans la *Grammar of Assent* (*) par J.-H. Newman, plus tard le cardinal Newman, l'un des plus subtils et des plus profonds penseurs de l'Angleterre au XIX^e siècle.

Pour exposer ce principe, je prends comme guide Newman lui-même, en m'aidant çà et là des spéculations semblables aux siennes, dues à M. Ernest Naville, le savant auteur de la *Logique de l'hypothèse*.

La déduction logique explicite, dit Newman (pp. 288-301, *passim*), n'est pas ce qui nous donne la certitude dans le domaine des faits concrets. Nous y arrivons, au contraire, par une accumulation de probabilités, indépendantes entre elles (**), surgissant de la nature et des circonstances du fait examiné; probabilités trop faibles pour agir chacune isolément sur notre esprit, trop fines, trop détournées pour être mises explicitement en syllogismes; trop nombreuses et trop variées d'ailleurs pour être ainsi transformées. Ces probabilités ne s'additionnent

(*) Nous nous servons de la cinquième édition : London, Longmans, Green and Co, 1883; mais nous ne la citons pas textuellement, la perfection de la prose de Newman la rendant souvent intraduisible.

(**) Elles sont *objectivement indépendantes*, hétérogènes, si j'ose ainsi dire (voir l'exemple du juge au paragraphe suivant); subjectivement, on pourrait, au contraire, les dire *interdépendantes*, puisqu'elles réagissent les unes sur les autres dans notre esprit.

pas brutalement, elles agissent et réagissent les unes sur les autres, se corrigent ou se confirment de manière à conduire l'esprit à l'assentiment complet, sans qu'il soit pleinement conscient du chemin suivi. Cet assentiment est personnel, même lorsqu'il existe pour un même fait concret chez un grand nombre de personnes, parce que les probabilités accumulées ne sont pas vues par tous distinctement chacune à part, et qu'elles varient en nombre et en poids suivant les divers intellects : *Omne quod recipitur in aliquo, recipitur ad modum recipientis*. Ce qui est une preuve pour un esprit ne l'est pas pour un autre, qui ne parvient pas à l'examiner sous le même angle. Comme l'a dit Pascal, « dans les choses de finesse, on a des peines infinies à les faire sentir (les principes) à ceux qui ne les sentent pas par eux-mêmes ».

Prenons maintenant, avec Newman, des exemples de preuve implicite basée sur une accumulation de probabilités indépendantes.

« Nous sommes tous certains, dit-il, sans aucune possibilité de doute, que l'Angleterre est une île. C'est là une proposition à laquelle nous donnons un assentiment complet ! Il n'existe rien qui soit plus sûr et nous ferions volontiers dépendre nos plus chers intérêts de la vérité de ce fait que nous vivons dans une île. Nous ne craignons pas qu'aucune découverte vienne jamais ébranler notre croyance, et il nous serait impossible de regarder comme sérieuse l'assertion de celui qui nous dirait que l'Angleterre est rattachée au continent du côté de la Norvège ou de la France. Et cependant les arguments que nous pou-

vous faire valoir pour expliquer notre conviction sur ce point sont-ils en rapport avec l'extrême certitude que nous en avons? On nous a dit dans notre enfance que l'Angleterre est une île; elle est entourée par la mer sur toutes les cartes; jamais la chose n'a été mise en question devant nous; au contraire, nous avons toujours entendu dire, tous les livres que nous avons lus admettent que l'Angleterre est une île; toute notre histoire nationale, toute notre vie commerciale, sociale et politique le suppose. Mais nous n'en avons pas de preuve directe comme celui qui aurait fait le tour de l'Angleterre; et nous n'avons peut-être même jamais rencontré quelqu'un qui l'ait fait. Est-ce à dire que notre conviction n'est pas raisonnable? Nullement. Mais il est certain que nous ne pouvons que difficilement analyser d'une manière complète les raisons de notre assentiment. »

Ce que Newman dit ici à propos de l'Angleterre s'étend à la science géographique tout entière : « Que peut-on connaître par soi-même, dit M. Naville? Les chemins que l'on a parcourus et les horizons que l'on a embrassés du regard : cela est toujours bien peu. Ce que les plus grands voyageurs ont pu percevoir directement ne formerait qu'une ligne peu visible sur un globe de très grande dimension (*). » Et cependant tout le monde

(*) *L'importance logique du témoignage*, p. 5 du tirage à part. Voici une autre remarque très juste du même (pp. 4-5) : « Les choses que nous percevons nous-mêmes n'ont leur sens et leur portée que par l'adjonction d'idées empruntées au témoignage. Un jour, à Paris, j'ai vu sur le quai qui longe les Tuileries l'empereur Napoléon III

croit à la géographie, non seulement les savants chez qui existe le sens critique, mais les jeunes gens de nos collèges chez qui il n'est pas éveillé encore. Tous, consciemment ou non, admettent et appliquent le principe de l'accumulation des probabilités indépendantes, agissant et réagissant les unes sur les autres, de manière à produire la plus complète certitude.

Ce que nous venons de dire pour le présent, pour la géographie, nous pouvons le dire pour le passé, pour l'histoire. Toute l'histoire repose sur les témoignages de nos devanciers. A la rigueur, je puis aller voir si l'Angleterre est vraiment une île, mais il m'est impossible d'assister à la bataille de Salamine; je ne puis pas entendre, comme Eschyle, *la clameur immense, — modulée comme un chant sacré, — qui s'élève dans les rangs des Grecs, — ni l'écho des rochers de l'île* près de laquelle se livrait en ce moment une des batailles

passer dans un cabriolet qu'il conduisait lui-même. Voilà un fait que j'ai constaté par moi-même; nous réduisons ce fait aux éléments des perceptions personnelles séparées des idées qui proviennent d'une autre source. J'ai vu un grand bâtiment; comment savais-je que ce bâtiment se nommait les Tuileries et qu'il était la résidence du souverain de la France? Par le témoignage des autres. J'ai vu un homme passer; comment savais-je que cet homme s'appelait Napoléon III et qu'il était l'empereur des Français? Par le témoignage. Si je réduis le fait aux données de mes perceptions personnelles, voici ce qui reste : J'ai vu, près d'un grand bâtiment, un homme qui conduisait un cabriolet, rien de plus. *Les faits qui se passent sous nos yeux n'ont leur sens et leur valeur que par l'intervention d'idées que nous devons aux affirmations de nos semblables.* »

décisives de la civilisation contre la barbarie. Ce que je dis de Salamine, je le dis aussi de la victoire de Scipion à Zama, de celle de Charles Martel à Poitiers, de la défaite de Napoléon à Waterloo. Nous ne doutons de la réalité d'aucun de ces grands faits de l'histoire; leur retentissement dans la vie de l'humanité a été si profond qu'en supprimer un seul ce serait rendre incompréhensible l'ensemble de ses annales et le présent lui-même. Mais quel tissu subtil de probabilités ne faudrait-il pas exposer à quelque habitant d'une autre planète tombé soudain parmi nous pour lui transmettre nos convictions! S'il avait lu Laplace quelque part là-haut, dans la planète Mars ou dans Jupiter, ne nous opposerait-il pas ce célèbre passage : « L'action du temps affaiblit sans cesse la probabilité des faits historiques, comme elle altère les monuments les plus durables. On peut, à la vérité, la ralentir en multipliant et conservant les témoignages et les monuments qui les étayent. Malgré les avantages infinis que procure l'imprimerie, les révolutions physiques et morales dont la surface de ce globe sera toujours agitée finiront, en se joignant à l'effet inévitable du temps, par rendre douteux, après des milliers d'années, les faits historiques les plus certains (p. LXXXII). » Que pourrions-nous répondre à ce Martien ou Jovien qui applique ici de travers, avec Laplace, le principe des probabilités composées? Nous ne pourrions lui donner évidemment notre connaissance actuelle de la solidarité, des connexions nécessaires de toutes les périodes de l'histoire. Nous serions réduits à lui dire avec Pascal que « les géomètres qui ne sont que géomètres ont l'esprit droit, mais pourvu qu'on leur explique bien toutes choses par

définitions et par principes »; qu' « autrement ils sont faux et insupportables, car ils ne sont droits que sur les principes éclaircis » (*Pensées*, éd. Didiot, p. 60); puis nous devrions attendre patiemment qu'il apprenne à connaître le principe de l'accumulation des probabilités indépendantes, ou plutôt qu'il apprenne à s'en servir.

Mais d'où vient la force probante de ce principe? comment peut-il engendrer la certitude, même si chacune des probabilités considérées est très petite, pourvu qu'elles soient nombreuses? Au fond, comme Newman le dit plusieurs fois, et comme nous l'insinuons déjà plus haut, c'est la *méthode de réduction à l'absurde*, si puissante en métaphysique et dans les hautes mathématiques, qui, appliquée ici à l'ordre concret, constitue la partie principale, l'essence de ces raisonnements implicites, de ces rapides intuitions de l'esprit. Supposez que l'Angleterre ne soit pas une île, que Napoléon ait été vainqueur à Waterloo, et vous ne comprenez plus rien à l'histoire ni à la géographie contemporaines : vous êtes acculés à l'absurde ou au moins à l' inexplicable (*). En réalité, l'axiome rationnel qui est à la base de la démonstration de la loi des grands nombres est donc aussi le fondement du principe de l'accumulation des probabilités indépendantes : *le contraire d'un événement très improbable, est extrêmement probable ou pratiquement certain.*

(*) Notez que c'est le grand nombre de probabilités militant en faveur de la proposition à établir et non l'*autorité* des témoignages, qui permet d'employer la méthode de réduction à l'absurde. C'est d'ailleurs aussi au moyen de l'accumulation des probabilités que l'on parvient à établir l'autorité des témoignages et des témoins.

Analytiquement, le principe de Newman peut se traduire à peu près par la formule

$$P = 1 - \varphi(n) (1 - p_1) (1 - p_2) \dots (1 - p_n),$$

où $p_1, p_2, \dots, p_n$ sont les probabilités accumulées; $\varphi(n)$ une fonction de n , décroissante de 1 à 0, quand n croît de 1 à ∞ , et exprimant l'interdépendance subjective des probabilités $p_1, \dots, p_n$; pour n croissant, la probabilité cherchée P tend vers l'unité (*).

XV.

APPLICATIONS DIVERSES DU PRINCIPE DE NEWMAN.

Les applications du principe de Newman sont infinies dans le domaine de la vie pratique comme dans celui des sciences historiques et naturelles.

Un juge instruit un procès criminel où il y a eu vol

(*) Philosophiquement parlant, il faut évidemment distinguer la certitude pratique de la certitude logique que nous avons de certaines propositions : *la suite des nombres premiers est illimitée. aucun polyèdre n'a sept arêtes*, etc. Mais en fait, nous donnons souvent un assentiment aussi complet à des propositions de l'ordre concret pratiquement certaines (*l'Angleterre est une île, Napoléon a été vaincu à Waterloo*) qu'aux propositions mathématiques que nous venons de citer. *Correlation between certitude and implicit proof seems to me a law of our minds*, dit Newman (p. 301). Comparez DE SMEDT, S. J., *Principes de la critique historique*, Paris, 1883, chap. IV surtout pp. 63, 68-69, 71, où l'auteur expose et défend très bien le principe de l'accumulation des probabilités indépendantes appliqué à l'histoire.

avec effraction et meurtre; il se forme peu à peu une conviction de plus en plus nette de la culpabilité du prévenu par accumulation de probabilités déduites d'indices souvent bien faibles, quand on les considère isolément : traces de pas, blessures récentes constatées chez le prévenu, trouble à sa première rencontre avec la justice, explications embarrassées, contradictions, impossibilité pour lui de prouver son alibi, ou alibi trop visiblement préparé d'avance, dépositions variées de témoins à charge et à décharge, antécédents de l'accusé, dépenses inusitées après le crime, etc., etc.

Un clinicien expérimenté procède de même avant de donner son diagnostic dans un cas difficile.

Il en est ainsi encore dans les sciences de la nature en général. Nous avons parlé plus haut de l'application illégitime que Laplace a faite de la théorie de la probabilité des causes à la question du mouvement direct des corps du système solaire. Mais si son raisonnement est sans force probante, cela n'entraîne pas la fausseté de sa conclusion; il y a très probablement une cause unique du sens direct de presque tous ces mouvements. Quand on lit la suite de son texte, on voit que la conviction de Laplace ne provient pas de la règle dite de Bayes, mais de la connexion de la question agitée par lui avec sa célèbre hypothèse de la nébuleuse primitive. Or, cette hypothèse, il l'appuie, comme on le sait, sur presque tous les faits de la mécanique et de la physique du ciel; chacun d'eux ne donne qu'une probabilité très faible à l'hypothèse; mais leur ensemble a un grand poids, et il n'a fait qu'augmenter depuis la découverte de plus de cinq cents petites planètes et depuis que l'analyse spec-

trale nous a révélé la composition chimique des soleils et des nébuleuses.

Tous les savants, astronomes, physiciens, chimistes, géologues, biologistes, botanistes, zoologistes, font nécessairement usage du principe de l'accumulation des probabilités indépendantes, chaque fois qu'ils s'appuient sur le témoignage ou la science d'autrui. Or, qui n'est forcé de le faire, même les mathématiciens ? « Toute la suite des hommes, dit Pascal, doit être considérée comme un même homme, qui subsiste toujours et qui apprend continuellement (*). »

Un biologiste emploie le microscope et recourt à des réactifs divers pour étudier les mystères de l'organisation et du développement des cellules ; il croit forcément à la théorie des lentilles et, par suite, à l'optique et à la physique tout entière ; il admet la pureté de ses réactifs, ce qui implique de proche en proche toute la chimie. Il en est de même de l'astronome qui observe le spectre du soleil. Au fond, l'un et l'autre croient à la physique et à la chimie comme nous autres profanes, nous croyons que l'Angleterre est une île. Cette croyance, légitime d'ailleurs, bien que difficile à justifier en détail, repose sur des témoignages, c'est-à-dire sur des probabilités accumulées. Mais il y a plus, il en est de même de chaque savant dans sa propre science ; le physicien, par exemple, ne peut faire une recherche originale sans accepter préalablement les résultats établis par ses prédécesseurs, car il ne peut refaire à lui seul des expériences qui ont coûté

(*) PASCAL, éd. Didiot, p. 291.

des siècles. En mathématiques, les analystes purs admettent sur le témoignage des géomètres, dans le sens strict du mot, les propriétés des surfaces du troisième ordre ou les résultats de la théorie générale des surfaces ; inversement, les géomètres s'en rapportent aux analystes touchant la vérité de théories difficiles comme celle des nombres algébriques, des substitutions ou des fonctions abéliennes : ils pourraient aller voir dans les terribles in-quarto de Kronecker, de Jordan et de Weierstrass si les démonstrations des analystes sont bonnes, comme nous pourrions, en cas de nécessité absolue, aller voir si l'Angleterre est une île ; mais chacun a autre chose à faire dans son propre domaine et préfère se fier au témoignage des gens dont il a reconnu la compétence.

L'histoire de la science, l'histoire de la naissance, du progrès et de la décadence des systèmes scientifiques s'explique et s'éclaire souvent à la lumière du principe de l'accumulation des probabilités indépendantes. Il y a vingt-trois siècles, le génie peut-être le plus systématique et le plus réaliste qui fut jamais, Aristote, fait une synthèse de toutes les connaissances de son temps, sur Dieu, l'homme, la nature vivante, le ciel et la terre, en ne laissant de côté que les mathématiques pures. Il relie des milliers de faits au moyen de quelques idées fondamentales, matière, forme, forme substantielle, puissance, acte, finalité, accident, substance ; il les enchaîne, ou les explique, comme on dit, au moyen de quelques principes, point d'arrivée ou point de départ : Dieu est acte pur ; ce qui passe de la puissance à l'acte, le fait sous l'influence de ce qui est en acte ; le mouvement cen-

tripète ou centrifuge caractérise les quatre éléments de la physique terrestre, le mouvement circulaire, le cinquième élément et la physique céleste, etc. Le tissu des faits réels et des hypothèses qui les relie est si serré, le système total repose sur un nombre si grand de probabilités accumulées que pendant plus de deux mille ans il est considéré comme la vérité même, à l'égal des *Éléments* d'Euclide, pour l'arithmétique et la géométrie. Aussi, quand Galilée renverse la barrière qui sépare la physique céleste (*) de la physique terrestre et transforme celle-ci en y introduisant le principe de l'inertie, avec quelle peine ne triomphe-t-il pas de l'amas des probabilités anciennes qui plaidaient en faveur de celle d'Aristote ! Il ne réussit que peu à peu, en accumulant à son tour des faits et des probabilités en faveur des vues nouvelles. Il en est de même quand Lavoisier fait la révolution chimique, quand Ampère, Faraday, Fresnel, Carnot, Mayer, Clausius, Helmholtz, Plateau, lord Kelvin, Maxwell, Hertz, tous les voyants de la physique au XIX^e siècle, remplacent les vérités incomplètes de leurs devanciers par des lumières plus vives. Les nouveaux systèmes ne parviennent pas tout de suite à s'annexer et à s'approprier toutes les probabilités accumulées qui semblent militer exclusivement en faveur des anciens

(*) Nous faisons allusion à ses découvertes des taches du Soleil, des montagnes de la Lune, qui prouvaient que les astres, comme la terre, étaient soumis au changement; non à sa querelle philosophico-théologique avec les congrégations romaines où ni lui, ni ses adversaires n'avaient de preuves en faveur de leurs vues subjectives contraires. Le système astronomique d'Aristote avait d'ailleurs été abandonné dès l'antiquité.

systèmes. Il en est ainsi pour toutes les sciences de la nature.

Dans l'histoire de la pensée humaine, il y a des livres immortels qui ont une influence finalement prépondérante, la *Métaphysique* d'Aristote, les *Éléments* d'Euclide, la *Somme* de S. Thomas d'Aquin, les *Principes* de Newton. Mais d'autres écrits d'une forme dialectique moins dominatrice, mais pleins de faits accumulés d'observation interne ou externe, sans rigueur de déduction apparente, ont eu de tout temps une influence plus immédiate, plus étendue, sinon plus profonde. J'en citerai trois, bien différents sous tous les rapports : l'*Imitation de Jésus-Christ*, cette fleur suprême du moyen âge ; les *Pensées* de Pascal, ce singulier mélange d'apologétique vraiment chrétienne, de jansénisme impitoyable et de psychologie outrancière ; enfin l'*Origin of species* de Darwin, où sous mille formes se retrouvent des vues contraires au principe aristotélicien sur le passage de la puissance à l'acte. Ouvrez-les au hasard, vous y rencontrerez à toutes les pages des pensées, des remarques, des inductions, des faits qui vous paraîtront plus ou moins vraisemblables suivant votre degré de culture et de réceptivité, mais dont l'ensemble exercera sur vous, si vous les fréquentez beaucoup, une action singulièrement pénétrante. C'est qu'au fond, Thomas a Kempis, Pascal et Darwin y répètent sans cesse chacun une seule et même pensée, sans se lasser jamais, parce qu'ils sont convaincus : *le joug du Seigneur est doux et léger — le christianisme est transcendant, mais (c'est ici la note janséniste) il est dur — le monde organique est dans un perpétuel devenir* ; ils conquièrent ou essaient de conquérir l'esprit,

le cœur, l'âme entière du lecteur par une accumulation de probabilités convergeant toutes vers un même but (*).

XVI.

CONCLUSION.

Mais il est temps de conclure cette étude, où nous nous sommes peut-être laissé trop entraîner dans des chemins de traverse, et de résumer en quelques lignes nos conclusions sur la portée objective du calcul des probabilités.

Le principe fondamental est celui-ci : Entre deux propositions contraires, l'une peu probable, l'autre très probable, l'esprit humain choisit la seconde, *librement*, mais *presque invinciblement*, et la déclare pratiquement certaine.

On déduit de là la légitimité logique de la loi des grands nombres et du principe de l'accumulation des probabilités indépendantes.

La loi des grands nombres s'applique d'abord à la question de la ruine du joueur et à ses conséquences, ensuite à la statistique chaque fois qu'elle rencontre des rapports à peu près constants dans les nombres qu'elle rassemble.

Le principe de l'accumulation des probabilités indépendantes est *pratiquement*, *sinon métaphysiquement*,

(*) N'est-ce pas d'une manière analogue, n'est-ce pas à cause de leur profond réalisme, dans le sens plein du mot, que, dans le domaine de la fiction, ces livres immortels aussi, l'*Illiade*, la *Divine Comédie*, les drames de Shakespeare, le *Faust* de Goethe ont une influence si durable et si profonde sur l'humanité cultivée?

la source de nos certitudes dans les sciences naturelles et historiques qui reposent en dernière analyse sur le témoignage, chaque fois que nous ne sommes pas personnellement inventeur ou témoin.

La loi des grands nombres et le principe de l'accumulation des probabilités indépendantes impriment fortement dans nos esprits la croyance à l'existence des lois naturelles, et ne laissent à ce que l'on appelle le hasard que le rôle d'une cause inconnue légèrement perturbatrice.

Notre conclusion suprême, où nous laissons presque complètement la parole à Quetelet (p. 102), est donc celle-ci :

« Le hasard, ce mot mystérieux dont on a tant abusé, ne doit être regardé que comme servant à couvrir notre ignorance; c'est un fantôme qui exerce l'empire le plus absolu sur le vulgaire habitué à ne considérer les faits qu'isolément, mais qui s'évanouit devant le philosophe dont l'œil embrasse une longue suite d'événements et dont la pénétration ne saurait être mise en défaut par des écarts qui disparaissent à ses yeux quand il sait se placer assez haut pour saisir les lois de la nature; il n'est pas en notre pouvoir de les changer; mais il est de notre dignité de chercher à les saisir au milieu des anomalies sans nombre qu'elles semblent présenter », car « ces lois sont éternelles (*) comme l'intelligence dont elles découlent », Dieu. Pour lui, *rien n'est incertain et l'avenir comme le passé est présent à ses yeux*, suivant la belle parole de Laplace.

(*) Un métaphysicien aurait dit, je crois, *au moins dans l'intelligence dont elles découlent*.

La physiologie du rire; lecture par C. Vanlair,
membre de l'Académie.

L'honneur qui m'échoit aujourd'hui compte parmi les plus rares. Les rites de la Science — j'entends celle qui sait se suffire à elle-même — s'accomplissent d'ordinaire en des temples fermés dont l'accès n'est permis aux profanes qu'à de longs intervalles; il faut une solennité comme celle-ci pour en ouvrir les portes. D'autre part, il en coûte quelque peu aux curieux de la nature d'accueillir ceux qui n'ont pas le souci exclusif de leur culte. De loin en loin cependant, se départant de leur intransigeance, ils consentent à s'adjoindre des adeptes moins purs : gracieuse condescendance à laquelle nous devons, nous autres médecins, l'inappréciable faveur de siéger à côté d'eux. C'est là une situation particulière de laquelle j'oserai personnellement me prévaloir pour m'écarter des traditions en choisissant un sujet dont la frivolité — d'ailleurs plus apparente que réelle — contraste avec l'austérité traditionnelle des lectures académiques.

Mon dessein est en effet d'exposer devant vous l'histoire physiologique du *rire*.

Omnis dissertatio definitione incipiat. Tel est le magistral précepte que dictait Quintilien aux rhéteurs de son temps. Bonne à suivre quand le sujet prête à la controverse, cette règle peut être enfreinte sans nuire à la méthode lorsqu'on parle d'une chose que tout le monde connaît, désignée par un terme au sens indiscuté.

Or, s'il est entre tous un cas où le verbe répond direc-

tement, exclusivement à l'acte concret qu'il entend signifier, c'est bien celui du *rire*. Oserai-je ajouter qu'il nous en donne jusqu'à un certain point la notation plastique? Peut-être me trompé-je ; peut-être le mot lui-même s'éclaire-t-il d'un faux jour au reflet de l'image phonétique qu'il fait surgir en moi : mais toujours il m'a paru qu'entre le tintement de sa double syllabe et les cristallines sonorités fusant de deux lèvres décloées, il existe — à tout le moins pour une oreille latine — quelque chose comme une équation musicale.

Est-il au monde, d'autre part, une seule personne de qui le rire soit matériellement ignoré, une seule créature humaine à laquelle il n'ait jamais été donné, ne fût-ce qu'une fois, d'accomplir « cette promenade joyeuse à l'intérieur de soi-même »? Bien à plaindre l'être déshérité qui de sa vie n'aurait ouï retentir son éclatante fanfare ; et combien plus malheureux encore celui que la délicieuse violence de son spasme n'aurait jamais secoué!

I

Disons-le tout d'abord, quelle que soit la physionomie qu'il anime, quels que soient l'âge, le sexe, la race de l'individu chez lequel il éclôt, ses signes essentiels varient peu. Qu'ils marquent de leur joyeuse empreinte un minois féminin ou creusent de leurs grossiers sillons le masque lippu du nègre, qu'ils accentuent les rides d'un visage sénile ou bien entr'ouvrent les lèvres de l'enfance, toujours et en tout lieu les mouvements dont se compose le rire répètent le même cliché. Au point que si, par miracle, l'idéal profil de la Vénus du

Louvre venait à s'épanouir en une gaieté soudaine, on y retrouverait, trait pour trait, les mêmes contractions que sur la face bestiale du natif australien, avec une différence toutefois : l'effet esthétique, plaisant dans un cas, serait grotesque dans l'autre.

A maintes reprises, l'occasion m'est échue de voir rire — ou sourire — des sujets appartenant à des races très diverses, Chinois à l'œil bridé, Cinghalais aux membres frottés d'huile, Congolais au front tailladé, Cheyennes peinturlurés, Aztèques, Galibis, Fuégiens : chez tous j'ai constaté des réactions musculaires identiques.

Voici en effet l'aspect uniforme, absolument typique qu'affecte dans toutes les contrées du monde le *mimisme* du rire.

C'est d'abord le pli naso-labial qui encadre d'un sillon plus fortement accusé la région moyenne du visage, d'où résulte une saillie très apparente de tout le bord interne des joues. Du même coup, celles-ci se haussent vers les pommettes de façon à rétrécir de bas en haut la fente palpébrale, au coin de laquelle se dessinent alors, en forme de patte d'oie, des rides légères rayonnant vers les tempes. A ce relèvement oblique des joues et des yeux se joint une déformation assez compliquée de la bouche. Tandis que subitement ses commissures se portent en haut et en arrière, la lèvre supérieure, entraînée par elles, s'élargit transversalement, laissant à découvert l'émail de la denture jusqu'au liseré des gencives. Ainsi tendu, son bord libre n'a plus ses gracieuses inflexions : il forme maintenant un arc régulier comme inscrit dans la joue.

De son côté, la lèvre inférieure se contourne dans le

même sens en s'écartant sensiblement de l'autre ; de telle sorte que, dans son ensemble, l'orifice buccal revêt l'apparence d'une ellipse un peu courbe.

En même temps que celles-ci d'autres lignes du visage participent à cette ascension : les ailes du nez se redressent et les sourcils eux-mêmes empiètent sur la falaise frontale. Il n'est pas jusqu'au regard dont l'humide éclat n'ajoute à l'animation des traits.

Mentionnons enfin, pour compléter le tableau, un dernier signe du rire, mais du grand rire seulement : l'écartement des mâchoires, entre lesquelles s'aperçoit la surface rosée de la langue tapie sur le plancher buccal. Seul entre tous, le front se tient éloigné de la scène. Par son impassibilité, il contraste avec les autres parties de la face. Dédaignant, dirait-on, leurs frivoles ébats, il en reste jusqu'au bout l'indifférent témoin.

II

Si multiples qu'ils soient, tous ces mouvements du rire, sans aucune exception, dérivent directement ou non d'une *action musculaire*.

Sous la peau lisse de l'enfant comme sous les téguements avachis du vieillard s'étend, en effet, une couche contractile discontinue, formée de faisceaux diversement croisés, tantôt nettement distincts, tantôt plus ou moins confondus. Tous ont ceci de spécial qu'une de leurs extrémités seulement prend son point d'appui sur une surface osseuse ; l'autre bout se perd dans l'épaisseur des parties molles.

Déjà leur lieu d'attache et la direction de leurs fibres nous apprennent dans quel sens chacun d'eux déviara les lignes onduleuses du visage : à telle enseigne que sur la face écorchée d'un cadavre l'œil exercé de l'anatomiste pourra, ou peu s'en faut, lire comme en un livre ouvert le secret d'une des manifestations les plus expansives de la vie.

Malgré leur précision, ces données d'ordre purement statique laissent cependant, on le conçoit, une certaine place au doute; et c'est à l'expérimentation qu'il faudra s'adresser, là comme ailleurs, pour transformer lesdites présomptions en une certitude absolue.

Je m'empresse de le dire : la science dispose ici d'un moyen de contrôle à peu près infailible. Imaginé par Duchenne (de Boulogne), — un médecin français dont les mérites surpassèrent le renom, — ce procédé permet d'actionner sur l'homme vivant tel ou tel muscle facial à l'exclusion des autres en soumettant ses fibres à l'influence d'un courant. Pour cela, il suffit d'exciter électriquement un point de la peau propre à chaque muscle : d'où le nom d'*électrisation localisée* adopté par l'inventeur de la méthode.

Appliqué au visage, ce genre d'exploration présentait toutefois une difficulté particulière. Avant que de pénétrer jusqu'à la couche musculaire, le courant est tenu de traverser la peau; et la douleur inséparable d'une forte faradisation risque, en pareil cas, de fausser les résultats de l'expérience par les contractions réflexes qu'elle provoquera dans les muscles voisins. D'autant qu'à cette époque on ignorait nos procédés actuels d'insensibilisation locale. L'inconvénient pourrait être évité en opérant

sur la tête d'un supplicié : mais c'est là un objet qu'on n'a pas toujours sous la main.

Il existe heureusement — est-ce bien le mot? — certains malades chez lesquels la peau devient inexcitable sans que les appareils moteurs se trouvent paralysés. Sur de tels sujets il fut relativement facile, en interrogeant séparément chaque muscle, d'obtenir de lui une réponse bien nette; de démontrer, si j'ose m'exprimer ainsi, la mécanique du rire. Non content d'en noter les détails, Duchenne parvint à les fixer par la photographie. Ses épreuves originales ont été conservées; et l'on peut affirmer, sur leur simple inspection, qu'il a réalisé le véritable rire et non pas, comme d'aucuns le prétendent, une distorsion abnorme de la physionomie, une grimace inexpressive.

De ses recherches, on doit conclure que l'action isolée d'un muscle de la face suffit pour créer l'impression d'une franche hilarité. Le muscle dont il s'agit s'appelle le *grand zygomatique* — qualification barbare seyant assez mal à son aimable emploi. De fait, ce sont ses contractions qui, à la fois, tendent les deux lèvres et attirent en haut leurs commissures; au même organe sont dus le bombement des joues, le resserrement de la fente palpébrale, le froncement de l'angle externe des yeux : d'où le nom de *muscle du rire* sous lequel notre auteur aurait voulu qu'on le désignât. Soit dit en passant, ce titre symbolique, l'anatomiste italien Santorini, mort dans la première moitié du XVIII^e siècle, l'avait concédé jadis à un autre faisceau beaucoup moins important, par antiphrase sans doute, car le muscle ainsi dénommé, remontant du cou à la lèvre inférieure, agit tout juste en sens inverse du précédent : loin d'éclairer le visage, ses

crispations donnent à la physionomie humaine un air de souffrance, d'épouvante et d'angoisse.

Il y aurait néanmoins quelque exagération à faire du grand zygomatique l'unique agent du rire. Des faisceaux accessoires, de forme et de siège différents, — entre autres le dilatateur des narines et le muscle frontal, — y prennent également part. Ensuite du haussement de l'arcade sourcilière, ce dernier notamment associé à l'effort de la lèvre et du nez celui des parties élevées de la face.

Toutefois, sous peine de rompre l'équilibre risorien, son intervention doit rester très discrète : sans quoi la peau du front se couvrirait de ces rides profondes qu'y imprime d'ordinaire l'obsession d'un souci. Pour cela, il importe que ses attaches supérieures ne soient que lâchement fixées. Or, ceci ne s'obtient qu'à une condition : à savoir la complète inertie, la neutralité tout au moins d'une couche contractile absolument étrangère à la face : le muscle occipital, dont le plan charnu tapisse toute la région postérieure du crâne. Relation singulière qui soumet à l'empire immédiat d'un organe éloigné et la plus joyeuse des mimiques et la manifestation la plus évidente d'une souffrance mentale.

Dans la face même se retrouve — plus clairement encore — cette interdépendance. Si les muscles préposés au geste risorien n'avaient pas le champ libre, si d'intempestives discursions venaient troubler leur jeu, sa vivante harmonie se résoudrait en une déroutante grimace.

Ce n'est pas tout. Pour que s'exécute pleinement et correctement l'acte effectif du rire, il faut quelque chose de plus : le concours synchronique et adéquat de tous les appareils qui doivent y jouer un rôle. Que l'un d'eux

retarde sur l'autre comme dans le rire forcé, ou bien qu'il se contracte avec trop d'énergie, et l'expression de la physionomie en sera immédiatement dénaturée; au lieu d'un agencement systématique, nous n'aurons plus que des contorsions disparates, un travestissement caricatural du rire. Telle une symphonie exécutée par d'inhabiles artistes, où manqueraient à la fois le ton et la mesure.

III

Tout cela implique forcément la constante intervention d'un appareil régulateur, lequel — vous l'avez deviné déjà — n'est autre que le *système nerveux*. En lui résident la force directrice, le pouvoir centralisateur qui décrète, coordonne, syndique en quelque sorte les contractions des muscles.

L'instant serait venu d'en préciser l'action. A ceci par malheur s'opposent de sérieux obstacles : d'abord la fastidieuse obligation d'un préambule technique; puis, s'il faut tout dire, l'insuffisance actuelle de nos connaissances. Par quelles voies se transmet au centre cérébral l'impresion hilariante? Par quel travail silencieux passe-t-elle à l'état de phénomène mental pour se hausser ensuite au rang d'une émotion? De quelle manière enfin, transformée en impulsion motrice, puis reprojctée vers la périphérie, viendra-t-elle actionner synergiquement nos muscles? Autant de problèmes dont le mystère n'est rien moins qu'éclairci.

Comment d'ailleurs s'en étonner? Pour le rire non plus que pour les pleurs, l'expérimentation *in anima vili* nous refuse son concours; et toujours on a vu que,

réduites à l'observation pure, les sciences positives elles-mêmes n'avancent qu'à pas très lents.

Mais nous savons à tout le moins une chose : c'est que le rire, indubitablement, rentre dans la catégorie des phénomènes *psycho-réflexes*. Comme tel, il doit répondre au schéma synthétisant les actes de cette espèce. Ici comme ailleurs l'impression déterminante du rire gagnera tout d'abord, à la faveur de la vue ou de l'ouïe, les appareils centraux. Là, il lui faudra subir une élaboration de nature inconnue qui fera d'elle une perception consciente, puis, aussitôt après, une impulsion motrice. Ainsi transformée, elle retournera vers la périphérie où, en fin de compte, nous la verrons se résoudre en une série de mouvements merveilleusement combinés. D'autre part, la dissection des nerfs, aidée par des investigations d'un autre ordre, a fixé très approximativement le trajet — aller et retour — parcouru en dehors du cerveau par l'influx physiogénique du rire.

Où l'incertitude commence, c'est dans la détermination des voies intracérébrales au long desquelles s'effectuent toutes ces mystérieuses transmutations. Là encore, cependant, la science nous fournit quelques indications dont le très bref exposé qui va suivre vous permettra de saisir l'importance.

Au point de vue architectonique, la masse cérébrale, abstraction faite du cervelet, se décompose en trois groupes superposés, représentés chacun par un réseau compact d'éléments cellulaires que relie entre eux des fibres nerveuses — ascendantes et descendantes — remplissant l'office de simples conducteurs. De ces trois étages, le plus élevé — qui est aussi le premier en grade — enveloppe de son manteau gris la surface pres-

que entière du cerveau; le second se trouve niché dans l'intérieur même de la masse; le dernier, enfin, occupe la base de l'encéphale, formant à cet organe une sorte de pédoncule. Or, on peut affirmer que dans les conditions normales, tous trois, à des degrés divers, interviennent dans l'acte risorien. Il semble non moins certain que l'impression venue du dehors n'atteint l'écorce qu'après avoir franchi les étapes inférieures. Seulement, ne me demandez point de suivre pas à pas ses multiples détours, encore moins de spécifier les haltes préparées pour elle dans cet inextricable labyrinthe : ce serait exiger de moi un aveu d'ignorance.

Mais pour ce qui regarde l'incitation *motrice*, celle dont le parcours a lieu en sens inverse, les neurologistes, unanimement, vous répondront ceci :

De l'enveloppe extérieure et surtout, pense-t-on, de sa région frontale part, nettement formulé, le commandement initial. Transmis à l'étage sous-jacent, il en active instantanément les cellules qui, elles, se chargent d'opérer la répartition systématique du travail, de dresser, si l'on veut, le plan de mobilisation. Reste alors à régler l'ordre de marche, l'action des unités. Cette mission secondaire incombe au ganglion basal : il contient en effet, étroitement juxtaposés, des centres distincts pour chacun des muscles de la face, lesquels, galvanisés par l'influx nerveux, exécutent servilement, aveuglément, les mouvements d'ensemble qui constituent le rire.

Il y a dans cette évolution centrifuge quelque chose de comparable au fonctionnement d'un ministère où, la correspondance dépouillée, le grand chef délibère tout d'abord sur les mesures à prendre, puis confie à ses secré-

taires le soin d'en avertir les différents bureaux qui, après avoir rédigé les réponses, procèdent finalement à leur expédition. On raconte du célèbre de Moltke — est-ce ou non une légende ? — que le soir même du jour où la guerre fut déclarée, on le rencontra Sous les Tilleuls, rentrant chez lui d'un pas tranquille. Et comme quelqu'un s'étonnait de son calme en un pareil moment, il répondit que la raison en était simple : un coup de sonnette et dix paroles avaient suffi pour qu'une heure plus tard la mobilisation d'une armée de près d'un million d'hommes, réglée d'avance jusque dans ses derniers détails, commençât aux quatre coins du pays. L'acte psycho-réflexe aboutissant au rire ne s'accomplit pas autrement.

Quant à savoir en quel endroit précis de tel ou tel conglomerat s'exécute telle ou telle partie du programme, tout ce qu'on dirait sur ce point serait purement conjectural. N'étaient quelques observations cliniques extrêmement intéressantes dues à Bechterew et surtout à Brisaud, observations localisant la conduction du rire dans un petit faisceau moteur particulier descendant de l'étage supérieur à la station suivante, nous ne serions guère plus avancés en cette matière que les médecins du temps d'Averrhoès et de Galien.

IV

Le cycle réflexe n'a pas toujours, au reste, l'étendue que je viens de lui donner. En l'absence de toute excitation sensorielle, il peut se faire déjà qu'une idée plai-

sante, le rappel d'une joie passée surgissent spontanément en nous : ce qui abrège de moitié le voyage.

Ailleurs, au contraire, nous verrons la couche supérieure du cerveau, le centre psychique proprement dit, rester absolument inactif. Ceci s'observera chaque fois qu'une altération morbide — arrêt de développement, hémorragie, dégénérescence — aura supprimé les cellules de cette région ou, ce qui revient au même, rompu toute communication entre elle et les appareils sous-jacents : la façade de l'édifice central étant virtuellement détruit, la trajectoire nerveuse passe sous lui sans l'atteindre. Chez les sujets ainsi lésés, le mimisme facial ne laissera pas que d'apparaître encore ; ses mouvements, qui plus est, affecteront une correction parfaite. Seulement il naîtra en l'absence de toute joie ; nul sentiment agréable ne viendra s'y mêler ; il ne sera qu'un rire sans âme. Les idiots, les déments, les vieux hémiplegiques nous offrent un saisissant exemple de cette curieuse aberration.

En d'autres occurrences, l'étage moyen du cerveau se trouve seul compromis. Encore ici la fonction risorienne n'est nullement abolie ; la gaieté même n'y est pas étrangère. Mais on y chercherait en vain cette coordination méthodique qui, je l'ai dit déjà, forme la condition *sine qua non* de son harmonieuse homogénéité : au point que parfois, quand éclate un accès, on se demande si c'est le plaisir ou la peine qui donne aux traits du visage leur énigmatique expression.

Enfin, comme si la clinique avait à cœur de réaliser toutes les possibilités, elle nous montre des cas où la paralysie s'attaque exclusivement au groupe inférieur. En dépit d'une telle lésion, le rire mental persiste. Aussi bien qu'à l'état normal les centres organisateurs, dûment

avisés, distribuent la besogne aux unités motrices. Celles-ci, malheureusement, ne comprennent plus les ordres qu'elles reçoivent et cessent par conséquent de les transmettre aux muscles. A l'inverse de l'*Homme qui rit*, le sujet garde dans tous ses traits une stupéfiante impassibilité; sur son masque figé, pas même la plus légère, la plus fugitive contraction ne viendra déceler ses émotions intimes!

Hâtons-nous d'ajouter qu'il n'en coûte guère, à ces pauvres patients, de ne savoir plus rire : l'extrême gravité de leur mal — qui jamais ne pardonne — leur en ôte toute envie.

V

Déjà fort compliquée alors qu'elle se restreint au mimisme facial, la mécanique du rire le devient plus encore par l'adjonction d'un signe complémentaire : le *spasme* qui nous saisit au cours des grands accès — spasme bizarre, d'aspect presque morbide, dont l'habitude seule atténue l'étrangeté. Cette transe physiologique, vous la connaissez tous; il me suffira donc d'en décrire très sommairement les phases.

Subitement, lorsque débute la crise, le cou et la tête se renversent en arrière, tandis que des expirations bruyantes alternant avec de brèves reprises chassent l'air de la poitrine, aidées en cela par la presse abdominale. Pour peu qu'elle perdure, tout le restant du corps entre à son tour en danse. De même qu'une cime battue par l'ouragan, la partie supérieure du tronc s'incline, se redresse, se balance à droite et à gauche. En proie au même clonisme, les jambes trépignent comme celles

d'un enfant en colère. Il n'est pas jusqu'aux mains qui n'obéissent à l'impulsion du rire : tantôt, posées à plat sur les lombes, elles offrent au buste un point d'appui solide; tantôt elles compriment énergiquement les côtes en vue d'en modérer les douloureux sursauts.

Tous ces mouvements, toutes ces attitudes sont d'ailleurs d'observation banale et consacrées depuis toujours par le langage usuel. Quand on dit d'une personne qu'elle rit « à gorge déployée », qu'elle rit « à se tenir les côtes », qu'elle rit « à se tordre », on ne fait que noter d'une façon très juste et très topique les signes dont s'accompagne la grande hilarité.

On me reprocherait enfin une impardonnable omission si je passais sous silence un dernier phénomène absolument typique. Je veux parler du *cri*.

Une peine aiguë ne va guère sans sanglot : de même on se figure difficilement le rire privé de ses trilles sonores. Invinciblement notre esprit associe ce dernier bruit aux silencieuses contorsions du visage et des membres; et je me rappelle encore aujourd'hui la déplaisante surprise, l'impression presque répulsive que me causa jadis, au temps où florissaient les épopées indiennes de Fenimore Cooper, l'hilarité muette de son fameux Trappeur, l'ami fidèle des derniers Mohicans. J'avais beau le vouloir, je ne parvenais pas à me représenter un rire humain, un vrai rire tout à fait aphonique. Il existe pourtant, ce rire si singulier. Je l'ai rencontré plus tard dans un monde, hélas! trop réel : je l'ai vu grimacer sur les lèvres des sujets trachéotomisés, de ceux aussi dont une lésion glottique, pis encore, une paralysie bulbaire avaient éteint la voix.

Chose faite pour étonner, ce cri du rire, si familier à

notre oreille, se dérobe à toute transcription. D'un timbre non moins diversifié que celui de la voix, inimitable comme elle, il n'a, que je sache, trouvé en aucune langue sa figuration graphique. Quelle ressemblance, en effet, entre les notes du rire et ces *Ah! Ah! Ah!*, ces *Hi! Hi! Hi!* purement conventionnels, par lesquels l'écriture a coutume de les symboliser?

Nonobstant sa constance, le cri n'est d'ailleurs, physiologiquement parlant; qu'un accessoire du rire. Quand mugit la tempête, ce n'est pas le bruit mais la force du vent qui jette à bas les arbres et saccage les champs. Pareillement, il convient d'envisager la convulsion risoriale comme une sorte de cyclone musculaire où l'élément phonétique remplit un rôle plutôt accidentel.

Voici, en effet, dans quel ordre elle procède. Toujours elle débute par une contraction violente et soudaine des muscles expiratoires du thorax et du ventre, y compris la cloison mobile interposée à ces deux cavités. Mais au lieu de s'ouvrir pour laisser passer l'air, les cordes vocales se rapprochent et se tendent. De la sorte, une lutte s'engage entre l'épaisse musculature du thorax et ses frères antagonistes, lutte inégale où ces derniers succombent. S'échappant aussitôt par la fente glottique, l'air condensé en fait vibrer les bords : d'où le premier éclat et la première secousse du rire. Un instant rétabli par ce jeu de soupapè, l'équilibre se rompt de nouveau, un quart de seconde plus tard, sous l'action des mêmes causes; et les alternances se succèdent coup sur coup aussi longtemps que dure la réserve aérienne. Les poumons vidés doivent alors se remplir; à cela va pourvoir une courte inspiration, marquée par un bruit guttural : ce que l'on nomme

la *reprise* du rire. Puis, sans arrêt, la série recommence, et pour y mettre un terme il faut la lassitude des muscles, qui, épuisés, se refusent à tout nouvel effort.

Et si cet épuisement n'arrive pas plus tôt, si même dès les premiers moments la poitrine se contracte avec une telle vigueur, c'est qu'elle obtient l'appui des muscles abdominaux ; livrée à soi-même, elle serait impuissante. De quoi il résulte que le cri risorien n'a son point de départ ni dans la face, ni dans le cou, ni dans les muscles du thorax, mais bien dans ceux du ventre. Pour l'oreille avertie du physiologue, le bruit retentissant du rire ne sera donc, en fait, qu'un écho lointain de la tourmente abdominale.

Il se conçoit aussi que de pareils efforts trop longtemps soutenus réagissent fâcheusement sur tout notre organisme. Lors des accès intenses, une vive rougeur suivie d'une cyanose inquiétante colorent instantanément la face ; les yeux injectés, larmoyants, semblent vouloir sortir des orbites ; pris d'une invincible fatigue, les muscles respirateurs cessent de subvenir aux besoins des poumons ; à son tour le cœur cesse de battre : survient alors ou l'asphyxie ou la syncope, et l'on voit, passant d'un extrême à l'autre, le sujet s'abattre sur le sol inconscient et inerte, comme frappé de la foudre.

D'ordinaire, à vrai dire, ces accidents n'ont pas des suites aussi funestes ; une réaction salutaire se produit qui éloigne le danger. Parfois cependant la mort effective succède à la mort apparente. Le cas suivant, recueilli par Reydellet, démontre qu'il ne s'agit point là d'un péril illusoire. Une ancienne religieuse, au mépris de la règle édictée par saint Basile, s'abandonna tout à coup pendant son repas à un accès d'hilarité. Il fut des plus

violents et se continua sans interruption durant plusieurs minutes, au bout desquelles elle tomba morte. La sachant de folâtre humeur, on crut d'abord à une mauvaise plaisanterie ; mais quand, s'approchant d'elle, on voulut la relever, ses compagnes s'aperçurent à leur très grande stupéfaction qu'elle avait bien réellement passé de vie à trépas.

Le mal qui l'emporta fut-il la rupture d'un vaisseau, un spasme de la glotte, une asphyxie poussée très loin, ou bien encore l'obstruction du larynx par une parcelle alimentaire, notre auteur ne le dit pas. Mais une chose certaine, c'est qu'elle mourut d'avoir trop ri, comme cet infortuné philosophe qui, dit-on, périt de semblable sorte en voyant un âne brouter des roses.

Heureusement, ces fins tragiques, très peu communes d'ailleurs, trouvent leur contre-partie dans les cures inespérées accomplies par le rire. J'en pourrais citer au moins deux, authentiques l'une et l'autre.

On a souvent conté celle de ce haut prélat atteint d'un abcès pulmonaire dont le pronostic était des plus graves. De jour en jour le mal allait en empirant, et chacun s'attendait à une issue fatale, lorsque arriva ceci. Une guenon domestique qu'on laissait gambader par la chambre avisa, traînant sur un meuble, la barrette de son maître. S'en saisir, en coiffer sa tête grimaçante fut l'affaire d'un instant. Le patient l'aperçoit. Mis en joie par ce burlesque accoutrement, oubliant sa souffrance, il part d'un rire fou : l'abcès crève et la guérison s'ensuit.

La seconde aventure est moins connue. Elle eut pour héroïne, en place d'un cardinal, la belle-sœur du comédien Hauteroche, l'auteur applaudi du *Crispin médecin*, joué à Paris en 1680. Cette jeune personne portait un

abcès profond dont la rupture à l'intérieur du corps eût entraîné des conséquences mortelles. Un mot drôle, dit à propos, conjura le danger. Assis auprès du lit, devant la famille assemblée, le père de la patiente pleurait et se lamentait. Affolé par l'idée d'une séparation prochaine, il offrait à Dieu, en échange du salut de sa fille, qu'il aimait d'une tendresse exclusive, la vie de tous ses autres enfants. Vivement, Hauteroche, en entendant ce souhait blasphématoire, s'était détaché du groupe pour protester, pensait-on, au nom de l'assistance. Mais sur un ton plaisamment anxieux : « Monsieur, interrogea-t-il, est-ce y compris les gendres ? » L'imprévu de cette question, l'accent qu'il sut y mettre furent, paraît-il, irrésistibles : car aucune des personnes présentes ne put garder son sérieux ; gagnée par l'hilarité générale, la moribonde fit chorus, tant et si bien que son abcès s'épancha au dehors et qu'elle recouvra la santé.

C'est en sa qualité d'effort — et uniquement comme tel — que le rire occasionne ces heurs et ces malheurs. La toux, pour ne parler que d'elle, comporte les mêmes chances, d'autant plus que les deux phénomènes, à première vue si dissemblables, sont pour ainsi dire identiques au point de vue de leur mécanisme. De part et d'autre, mêmes secousses explosives avec, de temps en temps, la reprise obligée ; même constriction de la glotte ; même entrave apportée à la circulation et aux fonctions respiratoires ; mêmes accidents si la crise se prolonge. Et je vous étonnerai sans doute en ajoutant que le sanglot lui-même, ses caractères psychologiques mis à part, est très voisin du rire. Là comme ici, le paroxysme éclate sous l'influence d'une émotion aiguë ; l'acte musculaire

s'exécute au moyen des mêmes appareils et s'accomplit presque de semblable façon ; dans la clameur discontinue, précipitée du sanglot, on reconnaît enfin le rythme risorien.

A ceci toutefois se borne l'analogie. La pousser plus loin serait théoriser les faits. Je ne saurais, quant à moi, partager l'opinion de l'illustre Bichat, qui ne voyait entre ces deux réflexes qu'une différence : la prédominance de l'effort musculaire dans l'un, la suractivité d'une glande dans l'autre. La différence n'est pas là, attendu qu'en l'espèce les muscles interviennent, je l'ai dit tantôt, à un égal degré et suivant le même mode. Il commettait d'ailleurs une erreur de logique en rapprochant deux choses non comparables : le spasme du rire et l'effusion des larmes.

VI

Dans l'analyse qui précède, j'ai seulement envisagé la forme abstraite, impersonnelle du rire. Mais combien de variétés s'en écartent où tantôt le cri et tantôt la mimique dévient du type commun !

L'harmonieuse vocalise, d'une grâce un peu cherchée, par laquelle se distingue la gaieté féminine, n'a déjà plus cette candide fraîcheur, cette spontanéité naïve qui séduit chez l'enfant ; et c'est à peine si le rire sénile en garde encore la trace. Il y a loin aussi de la discrète sourdine voilant le rire mondain aux olympiennes tonitruances dont le peuple a coutume de pimenter ses joies. Qui confondrait enfin le pur et sympathique accent d'une

franche hilarité avec les menteuses intonations du rire forcé, avec le ricanement ironique ou railleur que font monter aux lèvres l'envie ou le dédain?

Dois-je signaler, d'autre part, l'évidente influence exercée sur la physionomie du rire non pas seulement par l'humeur où nous sommes, mais aussi par ce que j'appellerais volontiers notre tempérament psychique? Tandis qu'à peu près tous nous pleurons avec les mêmes larmes et les mêmes sanglots, chacun de nous rit à sa manière. Une personne intelligente et cultivée se gaudira d'autre façon que le *minus habens*. L'hilarité des sots, dénuancée, monotone, souvent inopportune, trahira d'emblée leur nullité mentale; l'homme avisé, au contraire, laissera percer dans la sienne quelque chose de la finesse et de l'originalité de son esprit. Soyez aimable et bon, l'alacrité qui fleurira vos lèvres aura la douceur d'une caresse; êtes-vous affligé d'un caractère grincheux, méfiez-vous de votre rire : ses aigres modulations crieront aux oreilles étrangères votre secrète infirmité.

Presque toujours aussi l'on observe une étroite corrélation entre le caractère du rire et la conformation native de la physionomie. Aux figures rébarbatives sied mal sa large exubérance; par contre il sera d'ordinaire attrayant et facile chez ceux qui, par fortune, possèdent ce « minoys joyeux, serein, gracieux, ouvert, plaisant » que Rabelais, prêchant d'exemple, souhaitait jadis aux médecins de son temps. Il se peut toutefois que l'habitude même du rire finisse par réagir sur les traits du visage, qu'elle accentue à la longue leur naturelle jovialité; et cela en vertu de l'axiome d'après lequel le fonctionnement méthodique et répété d'un muscle accroît son volume et modifie sa forme.

VII

Les rapports dont il vient d'être question appartiennent en propre au rire physiologique. Ils s'altèrent du tout au tout dans ses manifestations *anormales*. A ce titre déjà, le rire maladif mériterait une étude assez approfondie ; mais son intérêt s'augmente encore de la diversité extrême de ses formes jointe à ses bizarreries psychologiques.

Au seuil de cet étrange domaine apparaît le *fou rire*. De tous les réflexes, il est peut-être le plus violent, le plus tenace, le plus irrépressible. Comme dans une grande attaque épileptique ses crises se succèdent presque sans rémission, fermant à l'air l'accès des poumons, secouant le tronc et les membres d'un clonisme désordonné, infligeant au patient une inexprimable angoisse pour le laisser enfin, l'accès une fois passé, pantelant, brisé, anéanti.

Insupportable déjà quand on peut s'y livrer sans contrainte, le fou rire devient un vrai supplice quand il faut, coûte que coûte, réprimer ses éclats. Ce supplice, je l'ai personnellement éprouvé ; et tout lointain qu'il soit, chaque fois que vient m'importuner son souvenir, j'ai comme l'impression — quelque peu teintée de honte — d'un malaise latent que réveillerait soudain un irritant contact. Voici mon aventure :

En compagnie d'un ami, j'avais été prié à un dîner intime dans une famille qui nous voulait du bien et dont nous reçûmes un accueil on ne peut plus cordial. Le repas fini, la dernière coupe de champagne vidée, nous passâmes au salon. On vint à parler musique ; et sur nos vives instances, la femme de notre hôte, comme Georgina Smolen, « se leva pour chanter » non pas, hélas ! la

douce et mélancolique romance du Saule, mais un air de bravoure de je ne sais quel opéra. A défaut d'accompagnateur, elle prit place au piano, son mari, debout à côté d'elle, s'apprêtant à tourner les pages..... Un toussottement discret pour éclaircir la voix, quelques accords en guise de prélude, et la dame commença.

Dès les premières notes, nous nous regardâmes ahuris. Jamais, au grand jamais ni mon ami ni moi n'avions entendu pareils sons issir d'une gorge humaine : on eût dit un orchestrion détraqué où, sans cadence et sans frein, trompettes, cymbales, clairons auraient alterné leurs grinçantes strideurs, tout cela scandé d'arrêts soudains et de brusques départs ; quelque chose d'inouï, d'indescriptible, qui n'était plus un chant mais une épouvantable cacophonie. Si bien que tout à coup mon compagnon, puis moi fûmes pris d'un rire aigu, inextinguible, d'un de ces rires que nulle puissance au monde ne saurait réprimer.

Pour un empire nous n'eussions voulu faire offense à nos hôtes ; et rien non plus ne pouvait clore nos lèvres. Fâcheux dilemme qu'il fallait néanmoins résoudre, et résoudre à l'instant. Il ne s'offrait à nous qu'un moyen d'en sortir : rire silencieusement, sans émettre un seul son, comme l'eût fait un malade frappé d'une aphonie complète. Encore avions-nous une crainte horrible, celle de voir le mari tourner la tête de notre côté et nous surprendre ainsi *flagrante delicto*. J'avais beau, pour ma part, évoquer des souvenirs funèbres ; vainement appelai-je à mon aide l'illusion diversive de quelque catastrophe imaginaire : toujours, sans trêve, se continuait cet affreux rire. Il dura près d'un quart d'heure qui nous parut un siècle. A la dernière minute seulement, la douloureuse

fatigue de mes muscles et sans doute aussi l'imminence d'une suffocation mortelle amenèrent, par bonheur, une détente subite. Et, la voix chevrotante, les lèvres encore agitées d'une trémulation convulsive, au prix d'un effort surhumain, je pus enfin, comme il convenait, complimenter notre hôtesse sur l'incomparable beauté de sa voix...

A côté de ces crises — anormales plutôt que malades — viennent se placer les rires vraiment pathologiques.

L'un d'eux, rare entre tous, se rattache aux lésions destructives de l'appareil *coordonateur*. Il diffère de l'hilarité physiologique par son déclenchement subit, ses dissonances, son manque d'expression, sa monotonie énervante et la fréquence de ses accès.

En d'autres cas, lorsque la zone *psychique* est seule intéressée, le rire garde à peu de chose près ses qualités de son et de rythme; mais il se développe au milieu de circonstances insolites. C'est ainsi que dans le délire des maladies fébriles, on notera la capricieuse irrégularité de ses crises et leur brusque alternance avec de tranquilles divagations. De même, chez les fous, qui sont des déliants chroniques, le rire pris en soi s'exécute avec une correction pour ainsi dire parfaite; seulement le paroxysme survient sans motif apparent : *Risus sine re signum est stultitiae*. Je dis sans motif apparent, car si déprimé que soit son intellect, l'être privé de raison — qu'il s'agisse d'un maniaque, d'un dément, d'un idiot — ressent ainsi que nous le choc émotionnel du rire. Comme vous et moi, il sait pourquoi il rit. Mais la cause efficiente de son hilarité, pussions-nous la connaître, nous semblerait futile; elle est, au surplus, extrêmement fugitive : l'accès dure encore que déjà le malade en a perdu le souvenir.

Il peut se faire enfin, les *communications* établies entre la circonscription mentale et l'appareil coordinateur étant détruites, que l'accent du rire, cette fois encore, demeure inaltéré. Pourtant, plus que tous les autres, il s'écartera de la normalité : car, par une antinomie singulière, le patient rira sans la moindre raison et ne saura plus rire quand il en a l'envie.

VIII

Parfois aussi la morbidité du rire se circonscrit au mimisme facial. Tel est le cas pour le *rire sardonique*, dont le nom indûment métaphorisé a passé, on ne sait trop pourquoi, dans le langage usuel (1).

Ce n'est plus ici, comme chez l'individu frappé d'insanité, l'expression d'une alacrité enfantine, mais un symptôme ominieux consistant en une crispation permanente ou passagère survenant au cours du tétanos, de la méningite et de quelques autres affections convulsives. Presque toujours il comporte un pronostic sévère.

Aussi comprendra-t-on, à moins d'être médecin soi-même, la stupeur indignée dont fut saisie M^{me} de Genlis lorsqu'elle entendit le célèbre Tronchin se réjouir, au lit d'un mourant, de l'occasion qui s'offrait à lui d'en étudier personnellement les traits. Je détache la page de ses mémoires où l'histoire nous est contée.

(1) Suivant des observations plus ou moins apocryphes, le rire sardonique, le *σαρδονικος γέλως* des Grecs, la *sardonía* des Espagnols, constituait l'accident le plus caractéristique d'un empoisonnement causé par une espèce de renoncule — la renoncule scélérate — qui croît en abondance dans l'île de Sardaigne.

» M. de Puisieulx, au cinquième jour d'une fluxion de
 » poitrine, était à l'agonie : je fus frappée d'horreur en
 » le voyant dans l'état où il était aux derniers instants
 » de sa vie. Il avait un rire convulsif; ce rire n'était pas
 » bruyant, mais on l'entendait distinctement et sans
 » discontinuité. Ce rire épouvantable avec l'empreinte
 » de la mort qui couvrait le visage défiguré formait le
 » spectacle le plus affreux dont on puisse avoir l'idée.
 » M. Tronchin, assis vis-à-vis le malade, le regardait
 » attentivement; je l'appelai et lui demandai s'il avait
 » repris quelque espérance, puisqu'il restait auprès de
 » M. de Puisieulx. Ah! mon Dieu! non, répondit-il,
 » mais je n'avais jamais vu le rire sardonique et j'étais
 » bien aise de l'observer. Je frissonnai. *Bien aise* d'obser-
 » ver ce symptôme affreux d'une mort prochaine! et
 » c'était l'ami du mourant qui me parlait ainsi! »

Si l'anecdote est véridique, et il n'y a aucune raison d'en douter, ce dont on devrait s'étonner n'est pas la réponse du médecin, après tout assez naturelle, mais son inexcusable ignorance. Comment en effet un praticien de pareille valeur pouvait-il se méprendre à ce point et confondre deux symptômes aussi hétérologues que le rire sardonique et le rire d'un délirant?

Et puisque nous en sommes au chapitre médical du rire, qu'il me soit permis d'en signaler, pour finir, une intéressante application clinique. Vous n'ignorez pas qu'à la suite d'une hémorragie, d'une embolie ou de tout autre processus destructeur portant sur certaines régions du cerveau, tout un côté de la face tombe en paralysie, l'autre conservant sa mobilité normale. Or, nous avons parfois quelque peine à constater cette inertie partielle tant que la figure est au repos; il ne suffit pas toujours

non plus des mouvements ordinaires pour la rendre évidente. Le rire fera cesser toutes ces incertitudes. Stimulez par une plaisanterie quelconque — moins fine sera-t-elle, mieux cela vaudra — la gaieté de votre malade, et vous verrez incontinent s'accuser la différence entre les deux moitiés du visage.

IX

Entre le *sourire* et le *rire* il existe manifestement, en dépit de toute affirmation contraire, une intime confinité : le premier n'est-il pas au second ce que les larmes sont au sanglot ? Mais si le rire, étudié d'un peu près, se prête à l'analyse, les capricieuses modalités du sourire échappent à toute définition verbale.

En vain voudrait-on décrire l'exquise fossette qu'il cisèle au méplat de la joue, et le retroussis léger des narines, le clignement à peine perceptible des yeux dont se complète sa fugitive image. Comment rendre surtout son charme captivant, sa grâce voluptueuse ? Êtes-vous belle : l'enjouement du sourire vous fera plus séduisante encore. Qu'une ingrate nature ait modelé trop hâtivement vos traits, sa magie — pour un instant au moins — enjolivera votre laideur...

Pris au sens esthétique, les mouvements du rire impriment au plus admirable visage une distorsion toujours un peu grotesque ; la douceur du sourire, sa sérénité calme en idéaliseront au contraire la beauté. Voyez les Grâces antiques : elles sourient éternellement, mais elles ne rient jamais.

Et si déjà, en son implexité, le langage du rire répond

à tant de sentiments divers, quelle variété d'expressions ne trouvera-t-on point dans celui du sourire ! Depuis le ravissement intime dont nous pénétrent la vue d'un être aimé ou la promesse d'une joie prochaine, depuis le délicat plaisir que nous cause une réplique spirituelle jusqu'à cette malicieuse gaieté qu'éveillent en nous la maladresse ou l'embarras d'autrui, tout cela se lit dans un sourire. Il nous dira bien d'autres choses encore : l'extase, la résignation, le désenchantement, le dédain, la pitié, l'ironie. « Ce n'est pas toujours, écrivait à sa » fille M^{me} de Sévigné, de tristesse que l'on pleure ; il » entre bien des sentiments dans la composition des » larmes. » Ainsi en est-il du sourire, qui fréquemment emprunte sa mélancolique attirance au ressouvenir d'une douleur passée.

Quand on songe, d'autre part, que la plus minime déviation d'une seule ligne du visage en change le symbolisme, on se demande comment il est possible à l'art du statuaire ou du peintre de le plasticiser. Aussi bien commandent-elles toutes nos admirations ces figures féminines, œuvres des anciens maîtres, où s'épanouit sa radieuse floraison : ces vierges ombriennes suivant sous leurs paupières mi-closes les jeux du Bambino, ces brunes madones de Luini, dont le regard est une muette caresse, ces courtisanes aux formes impeccables que le Titien nous montre orgueilleusement heureuses de leur propre beauté et, les dépassant toutes, la nonpareille Joconde, qui, dans l'ombre sinueuse de ses lèvres, garde depuis des siècles — inviolé — le légendaire secret de son sourire.

—

M. le Secrétaire perpétuel proclame, de la manière suivante, les résultats des concours et des élections.

CONCOURS ANNUEL DE LA CLASSE (1905).

SCIENCES MATHÉMATIQUES ET PHYSIQUES.

Un mémoire portant comme marque distinctive $\delta \odot \odot$ a été reçu en réponse à la question suivante :

Trouver, en hauteur et en azimut, les expressions des termes principaux des déviations périodiques de la verticale, dans l'hypothèse de la non-coïncidence des centres de gravité de l'écorce et du noyau terrestres.

La Classe, se ralliant aux conclusions des rapports de MM. Folie et Le Paige, a voté une mention très honorable à l'auteur, lequel a été invité à faire savoir s'il accepte cette distinction.

SCIENCES NATURELLES.

Un mémoire portant pour devise : *Perseverando ac sperando*, a été reçu en réponse à la question suivante :

On demande de nouvelles recherches sur l'organisation et le développement d'un PHORONIS, en vue d'élucider les rapports existant entre les animaux de ce genre, les genres RHABDOPLEURA et CEPHALODISCUS, et le groupe des ENTEROPNEUSTES.

La Classe, se ralliant aux conclusions unanimes du rapport de ses commissaires, — qui considèrent ce

mémoire comme une œuvre de premier ordre, proposent de le couronner, de l'imprimer et d'adresser de chaleureuses félicitations à l'auteur, — décerne sa *médaille d'or de mille francs* à l'auteur, M. Marc de Selys Longchamps, petit-fils et arrière-petit-fils de J.-B.-J. d'Omalius et du baron Edmond de Selys Longchamps, tous les deux d'illustre mémoire académique.

PRIX THÉOPHILE GLUGE

FONDÉ EN FAVEUR DE LA PHYSIOLOGIE.

Fondation.

Par lettre datée de Nice, le 25 janvier 1902, M. John Jaffé et M^{me} Anna Jaffé née Gluge ont écrit à la Classe des sciences :

« A l'occasion du 50^e anniversaire de la naissance de ma femme, nous nous sommes décidés, en mémoire et pour perpétuer le souvenir de son vénéré père, le professeur Gluge, qui a été pendant longtemps membre de l'Académie, à fonder un prix biennal de 1,000 francs, pour le meilleur travail de physiologie fait pendant les deux ans.

» Nous entendons ne mettre aucune restriction à l'attribution de ce prix, seulement nous désirons qu'il soit décerné sans distinction de nationalité ou de religion.

» Le prix devra porter la dénomination : *Prix Théophile Gluge*. Il pourra déjà être attribué cette année.

» Cette fondation a été acceptée pour l'Académie par arrêté royal du 18 mars 1902. »

La Classe a reçu, pour la première période de ce concours (1901-1902), sept travaux de M. le Dr P. Nolf et un travail de M. G. Bullot.

Conformément aux conclusions des rapports de ses commissaires, elle a décerné le *prix de mille francs* à M. le Dr P. Nolf, de l'Université de Liège.

ÉLECTIONS.

La Classe a eu le regret de perdre cette année trois de ses *membres titulaires* : le général Brialmont, Fr. Crépin et Alph. Renard, et quatre de ses *associés* : sir Georges-Gabriel Stokes, Luigi Cremona, Ch. Gegenbaur et Ch. de la Vallée Poussin.

Elle a élu :

Section des sciences mathématiques et physiques.

Membre titulaire (sauf approbation royale) : M. Armand Jorissen, déjà correspondant.

Associés : MM. George-Howard Darwin, professeur à l'Université de Cambridge (Angleterre), et Corrado Segre, professeur de géométrie supérieure à l'Université de Turin.

Section des sciences naturelles.

Membres titulaires (sauf approbation royale) : MM. Polydore Francotte et Paul Pelseneer, déjà correspondants.

Associés : MM. Wilhelm Roux, professeur à l'Université de Halle-sur-Saale, et Michel Lévy, membre de l'Institut, Chef du Service géologique de France.



OUVRAGES PRESENTES.

De Heen (P.). Prodrome de la théorie mécanique de l'électricité. Bruxelles, 1903; gr. in-8° (151 p.).

Errera (Leo). Une leçon élémentaire sur le darwinisme, 2^e édition. Bruxelles, 1904; in-8° (85 p.).

— De wetenschappelijke grondslagen van den akkerbouw; uit het fransch, door P. De Caluwe. Gand-Amsterdam, 1904; in-8° (47 p.).

Lancaster (Alb.). Comparaison entre les observations météorologiques faites simultanément aux observatoires de Bruxelles (ancien) et d'Uccle (nouveau). Bruxelles, 1903; in-4° (15 p. avec plans).

De Donder (Th.). Étude sur les invariants intégraux. Paris, 1901, extr. in-8° (66 p.).

— Étude sur les invariants intégraux (second mémoire). Palerme, 1902; extr. in-8° (25 p.).

Doudou (E.). Étude géologique et archéologique des environs d'Ombret. Bruxelles, 1903; extr. in-8° (10 p.).

— Exploration scientifique dans les cavernes, les abîmes et les trous fumants de la province de Liège. Liège, 1903; in-18 (342 p.).

Solvay (Ernest). Coup d'œil rétrospectif sur le procédé de fabrication de la soude à l'ammoniaque. Paris, 1903; extr. in-8° (6 p.).

Guarini (E.). L'état actuel de l'électroculture. Bruxelles, 1903; in-8° (24 p., fig.).

Monier (Marcel). Le peptonate ferrique. Son étude chimique et physiologique. Anvers, 1903; extr. in-8° (15 p.).

Kerremans (Ch.). Coleoptera Serricornia, fam. Buprestidae, fascicules 1 à 4. Bruxelles, 1904; in-4°.

Musée royal d'histoire naturelle de Bruxelles. Mémoires, tomes I et II. 1900-1903; 2 volumes in-4°.

Ministère de l'Agriculture. Rapports des Commissions médicales provinciales sur leurs travaux pendant l'année 1902, 1^{er} et 2^e fascicules. 1903.

ALLEMAGNE.

Kölliker (A.). Die Entwicklung und Bedeutung des Glaskörpers. Leipzig, 1904; extr. in-8° (22 p. et 4 pl.).

WIESBADEN. Nassauischer Verein für Naturkunde. Jahrbücher, 56. Jahrgang, 1903.

BERLIN. Physikalisch-technische Reichsanstalt. Abhandlungen, Band IV, 1, 1904. In-4°.

INDIANAPOLIS. Department of geology and natural resources, 1901.

MISSOULA. University of Montana. Some volcanic ash beds of Montana (Jesse Perry Rowe). 1903.

— *Summer birds of Flathead Lake (P.-M. Silloway). 1901. A biological reconnaissance in the vicinity of Flathead Lake (Morton J. Ebrod). 1902.*

Gibbs (J.-W.). Diagrammes et surfaces thermodynamiques. Paris, 1903; in-18 (86 p.).

OTTAWA. Royal Society of Canada. Proceedings, 1902.

LIVERPOOL. Biological Society. Proceedings, vol. XVII, 1902-1903.

PAYS DIVERS.

Söderbaum (H.-G.). Jac. Berzelius, *Reseanteckningar*. Stockholm, 1903; in-8° (xii-430 p.).

Lundborg (Hermann). *Die progressive myoklonus Epilepsie*. Upsal, 1903; in-8° (207 p.).

STOCKHOLM. *Commission géologique*. Publications de 1902 et 1903.

SAN FERNANDO. *Instituto y Observatorio de marina*. *Almanaque nautico para 1903*.

La Bibliothèque de l'Académie a reçu en outre, pendant l'année 1903, les Revues ainsi que les publications des sociétés suivantes :

Anvers. *Société de médecine*. — *Société médico-chirurgicale*. — *Société de pharmacie*.

Bruxelles. *Académie royale de médecine*. — *Annales de médecine vétérinaire*. — *Annales des travaux publics*. — *Association belge de photographie*. — *Association belge des chimistes*. — *Bulletin mensuel de la station géophysique d'Uccle*. — *Bulletin de statistique démographique et sanitaire*. — *Ciel et Terre*. — *Ministères des Affaires étrangères, de l'Agriculture, de l'Intérieur, du Travail*. — *Moniteur belge*. — *Moniteur industriel belge*. — *Observatoire royal*. — *Presse médicale belge*. — *Revue de l'Université*. — *Sociétés : d'agriculture, d'anthropologie, d'astronomie, royale de botanique, d'électriciens, entomologique, de géologie et d'hydrologie, royale malacologique, royale de médecine publique, de microscopie, des sciences médicales et naturelles, scientifique*.

Charleroi. *Société paléontologique et archéologique*.

Gand. *Société de médecine*.

Gembloux. *Station agronomique*.

Huy. *Cercle des sciences et des beaux-arts*. — *Cercle des Naturalistes*.

Liège. *Écho vétérinaire*. — *Société géologique de Belgique*.
— *Société médico-chirurgicale*.

Berlin. Kön. Akademie der Wissenschaften. — Deutsche chemische Gesellschaft. — Geologische Gesellschaft. — Gesellschaft für Anthropologie, Ethnologie und Urgeschichte. — Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie. — Physikalische Gesellschaft. — Meteorologisches Institut.

Bonn. Naturhistorischer Verein der preussischen Rheinlande und Westphalens.

Brême. Naturwissenschaftlicher Verein.

Budapest. Institut royal de géologie. — Académie des sciences.

Cracovie. Académie des sciences.

Francfort-sur-Main. Senckenberg. naturforsch. Gesellschaft.

Francfort-sur-Oder. Naturwissenschaftlicher Verein.

Göttingen. Kön. Gesellschaft der Wissenschaften.

Halle. Naturwiss. Verein für Sachsen und Thüringen.

Iéna. Medizinisch-naturwissenschaftliche Gesellschaft.

Leipzig. Archiv der Mathematik und Physik. — Beiblätter zu den Annalen der Physik und Chemie. — Kön. Gesellschaft der Wissenschaften. — Zoologischer Anzeiger.

Munich. Kön. Akademie der Wissenschaften.

Prague. Académie tchèque des sciences. — Kön. Gesellschaft der Wissenschaften. — Société mathématique.

Strasbourg. Société des sciences, agriculture et arts.

Vienne. Kaiserl. Akademie der Wissenschaften. — Anthropologische Gesellschaft. — Zoolog.-botanische Gesellschaft. — Kais. geologische Reichsanstalt. — Monatshefte für Mathematik und Physik. — Kais. naturhistorisches Hofmuseum. — Zool. botanische Gesellschaft.

Wurzburg. Physikal.-medizinische Gesellschaft.

Universités de Fribourg-en-Brisgau, Giessen, Heidelberg, Kiel, Marbourg, Strasbourg, Tubingue et Vienne.

Copenhagen. *Institut météorologique*. — *Société royale des sciences*.

Albany. *University of the State of New York*.

Alleghany. *Observatory*.

Baltimore. *John Hopkins University*.

Berkeley. *University*.

Boston. *Academy of arts and sciences*. — *Natural History Society*.

Buenos-Ayres. *Sociedad científica Argentina*.

Cambridge. *Museum of compar. zoölogy*. — *Observatory*.

Chicago. *Field Columbian Museum*. — *Kenwood Observatory*.

Cincinnati. *Lloyd library*.

Cordova. *Academia de ciencias*.

Granville. *Denison University*.

Halifax. *Nova-Scotian Institute*.

Ithaca. *Journal of physical chemistry*.

Laurence. *The Kansas University*.

Lincoln. *University of Nebraska*.

Mexico. *Observatorio*. — *Sociedad de historia natural*.

Montevideo. *Universidad*.

Mont-Hamilton. *Lick Observatory*.

Montréal. *Natural history Society*.

New-Haven. *Journal of sciences*.

New-York. *Academy of sciences*. — *Mathematical Society*. — *Museum of natural history*.

Philadelphie. *Academy of natural sciences*. — *Franklin Institute*. — *The american Naturalist*. — *Philosophical Society*. — *Historical Society*.

Rochester. *Academy of sciences*. — *Geological Society*.

Saint-Louis. *Academy of sciences*.

Salem. *Essex Institute*.

San-Francisco. *California Academy of sciences*.

Santiago de Chili. *Société scientifique*.

Toronto. *Canadian Institute*.

Urbana. *Illinois State laboratory.*

Washington. *Department of Agriculture.* — *U. S. national Museum.* — *Smithsonian Institution.* — *U. S. Geological Survey.*

Amiens. *Société industrielle.*

Bône. *Académie d'Hippone.*

Bordeaux. *Société des sciences physiques et naturelles.*

Caen. *Société linnéenne.*

Dax. *Société de Borda.*

Le Havre. *Société d'études diverses.*

Lille. *Société géologique du Nord.*

Lyon. *Université.*

Marseille. *Société scientifique industrielle.* — *Faculté des sciences.*

Montpellier. *Académie des sciences et des lettres.*

Nancy. *Société des sciences.*

Paris. *Académie de médecine.* — *Bulletin scientifique* (Giard). — *École normale supérieure.* — *Journal de l'agriculture.* — *Le Cosmos.* — *La Nature.* — *Le Progrès médical.* — *Ministère de l'Instruction publique.* — *Moniteur scientifique.* — *Muséum d'histoire naturelle.* — *Revue générale des sciences.* — *Revue scientifique.* — *Sociétés : d'agriculture, d'anthropologie, astronomique, de biologie, chimique, géologique, mathématique, météorologique, philomatique, zoologique.*

Toulouse. *Université.*

Valenciennes. *Société d'agriculture, sciences et arts.*

Adelaïde. *Royal Society of South Australia.*

Birmingham. *Philosophical Society.*

Calcutta. *Asiatic Society of Bengal.* — *Meteorological Department.* — *Geological Survey.*

Cambridge. *Philosophical Society.*

Dublin. *Dublin Society.*

Édimbourg. *Botanical Society.* — *Geological Society.* —

Physical Society. — *Royal Society.* — *Laboratory of the R. College of physicians.*

Glascow. *Geological Society.*

Le Cap. *Philosophical Society.*

Londres. *Anthropological Institute.* — *Royal Astronomical Society.* — *Chemical Society.* — *Geological Society.* — *Institution of mechanical Engineers.* — *Institute of civil Engineers.* — *Royal Institution of Great Britain.* — *Linnean Society.* — *Mathematical Society.* — *Meteorological Society.* — *Royal Microscopical Society.* — *Nature.* — *Zoological Society.*

Newcastle-upon-Tyne. *Institute of mining and mechanical Engineers.*

Sydney. *Linnean Society.* — *R. Society of N. S. Wales.*

Florence. *Società entomologica italiana.* — *Rivista scientifico-industriale.*

Milan. *Società di scienze naturali.* — *R. Istituto di scienze.*

Modène. *Società dei naturalisti.*

Naples. *Società Reale.*

Padoue. *Società veneto-trentina di scienze naturali.*

Palerme. *Circolo matematico.*

Parme. *Il nuovo Risorgimento.*

Pise. *Società toscana di scienze naturali.* — *Il nuovo cimento.*

Rome. *Accademia pontificia de Nuovi Lincei.* — *Comitato di artiglieria e genio.* — *Gazetta chimica.* — *Ministerio dei lavori pubblici.* — *Società zoologica.*

Sassari. *Università.*

Turin. *Accademia reale delle scienze.*

Venise. *R. Istituto di scienze.*

Vérone. *Accademia d'agricoltura.*

Amsterdam. *K. Akademie van wetenschappen.* — *Société mathématique.*

Batavia. *Genootschap van kunsten en wetenschappen.* — *Natuurkundige Vereeniging.*

- Buitenzorg. *Jardin botanique.*
 Delft. *École polytechnique.*
 Harlem. *Société hollandaise des sciences.*
 La Haye. *Entomologische Vereeniging.*
 Leyde. *Nederlandsche dierkundige Vereeniging.*
 Bucarest. *Institut météorologique. — Ministère de l'Instruc-
 tion publique. — Société des sciences physiques.*
 Jassy. *Société scientifique et littéraire.*
 Dorpat. *Université. — Naturforschende Gesellschaft.*
 Kazan. *Université impériale.*
 Moscou. *Société impériale des Naturalistes.*
 Nowa-Alexandrya. *Annuaire géologique et minéralogique.*
 Odessa. *Société des Naturalistes.*
 Saint-Pétersbourg. *Académie impériale des sciences. —
 Institut impérial de médecine expérimentale. — Comité géo-
 logique. — Jardin impérial de botanique. — Société de chimie.*
 — *Université impériale.*
 Varsovie. *Travaux mathématiques et physiques.*
 Christiania. *Société des sciences. — Université.*
 Stockholm. *Nordiskt medicinsk Archiv. — Acta mathema-
 tica. — Institut royal géologique. — Société entomologique.*
 Upsal. *Université.*
 Bâle. *Université.*
 Genève. *Archives des sciences physiques et naturelles.*
 Lausanne. *Société vaudoise des sciences naturelles.*
 Zurich. *Naturforschende Gesellschaft.*
 Alexandrie. *Institut égyptien.*
 Belgrade. *Académie royale des sciences.*
 Coïmbre. *Jornal mathematicas (Teixeira).*
 Le Caire. *Société khédiviale de géographie.*
 Manila. *Observatorio meteorologico.*
 Tokyo. *Gesellschaft für Natur- und Völkerkunde Ostasiens.*
 — *Imperial University.*



TABLES ALPHABÉTIQUES

Classe des sciences.

1903

TABLE DES AUTEURS.

A

Académie hongroise des sciences.
Adresse le programme du Prix Bolyai, 296.

Académie royale d'agriculture de Turin. Demande l'échange de publications, 640.

Académie royale de médecine de Belgique. Envoie le programme de ses concours, 380.

Académie royale des sciences, des lettres et des beaux-arts de Belgique. Adresse de félicitations au Roi au sujet de la naissance de S. A. R. M^{gr} le Prince Charles-Théodore de Belgique, 978. — Discours prononcé au Palais le 1^{er} janvier-par M. Éd. Van Beneden, 1.

Albert I^{er} de Monaco (S. A. R. M^{gr} le Prince). Hommage d'ouvrage, 979.

Anonyme (concours annuel de 1903). Mémoire sur les déviations périodiques de la verticale (mention très honorable). Rapports de MM. Folie, Le Paige et Ch. Lagrange, 1207, 1209, 1212; proclamation, 1322.

Association internationale des Académies. Réunion du Comité international, à Londres, 7, 295; compte rendu, par le général J. De Tilly, 656, 729.
— Commission pour l'étude de l'anatomie de l'encéphale (M. Van Gehuchten délégué), 381; projet de constitution d'un Comité central pour l'étude de

cette question, 897; lecture du rapport de MM. Vanlair, Masius et Fredericq, 642, 655.

Athénée de Brescia. Hommage de l'ouvrage et de la plaquette en bronze de son cinquantenaire, 895.

B

Bambeke (Ch. Van). Prix décennal des sciences zoologiques (première période), 6. — L'évolution nucléaire et la sporulation chez *Hydnangium carneum* Wallr., 515. — Mémoire sur le même sujet (*Mémoires des membres*, t. LIV). Lecture des rapports de MM. Errera et Gravis, 722; annexe à ce mémoire, 1032. — Note bibliographique: voir *Schuyten (M.-C.)*. — Rapport: voir *Selys Longchamps (Marc de)*.

Barone (G.). Hommage d'ouvrage avec note par C. Le Paige (La grande pluie météorique de novembre 1899), 7, 11. — Voir *Jacobs (F.)*.

Beaujean (C.). Hommage d'ouvrage, 979.

Beaupain (J.). Sur la fonction $\log \Gamma(a)$ et sur la fonction $\log G_\lambda(a)$ (*Mémoires des savants étrangers* in-4^o, t. LXII). Rapports de MM. Ch.-J. de la Vallée Poussin, Deruyts et Mansion, 724, 725. — Sur la fonction gamma double (à l'examen), 1019.

Beneden (Éd. Van). Discours prononcé à la réception au Palais, le 1^{er} janvier 1903, 1. — Félicite M. Marchal pour sa cinquantième année de services à l'Académie, 9. — Élu correspondant de l'Académie des sciences de Saint-Petersbourg (félicitations), 378. — Promu commandeur de l'Ordre de Léopold, 1018. — Rapports: voir *De Bruyne (C.)*; *Dollo (L.)*; *Philippon (M.)*; *Selys Longchamps (Marc de)*.

Bommer (Ch.). Hommage d'ouvrage, 382.

Boncqûet (H.). Chargé d'exécuter en marbre le buste de L.-G. de Koninck, 6.

Bosmans (H.). Hommage d'ouvrage, 720.

Bourgeois (Ed.). De l'influence du soufre et des groupes sulfurés sur l'ordre de substitution des atomes d'hydrogène dans les noyaux cycliques: Action de l'acide sulfurique sur le sulfure de phényle, 948. — Sur quelques dérivés sulfurés du sulfure de phényle, 957; rapports de MM. Spring et Henry sur ces deux communications, 899, 900.

Brachet (A.). Hommage d'ouvrage, 896.

Brialmont (A.). Décès (paroles prononcées à sa mémoire par M. Mansion), 718.

Bullot (G.). Manuscrit soumis

pour le prix Th. Gluge, 9; rapports de MM. Masius, Plateau et Fredericq, 642, 655.

C

Cabur (A.). De la résistance de l'air. Expériences, études et formules nouvelles d'aérodynamique. De la puissance nécessaire pour obtenir le planement horizontal (Dépôt aux archives). Rapports de MM. De Heen et De Tilly, 900, 901.

Cesàro (G.). La goëthite, 179. — Sur un curieux phénomène d'orientation par laminage, 432. — Plasticité du nitrate sodique, 438. — Rapport : voir *Prinz (W.)*.

Charles-Théodore de Belgique (S. A. R. M^r le Prince). Sa naissance (Adresse de félicitations au Roi), 978.

Cocchi (I.). Hommage d'ouvrage avec note par G. Dewalque (Finlandia), 7, 11.

Conseil international pour l'exploration de la mer. — Adresse ses publications, 639, 895.

Cremona (L.). Décès, 638.

Cremona (M^{me} V^e). Remercie pour les condoléances qui lui ont été exprimées, 720.

Crépin (Fr.). Décès (paroles prononcées à sa mémoire par M. Mansion), 390; remerciements de MM. Crépin frères, 490. — M. Errera écrira sa notice pour l'*Annuaire*, 639.

D

Darwin (G.-H.). The Eulerian nutation of the Earth's axis, 147; rapports de MM. Folie et Lepaige, 15, 17; complément du rapport de M. Folie, 320. Élu associé, 635; remercie pour son élection et son diplôme, 638. — Voir *Lagrange (Ch.)*.

De Bruyne (C.). Contribution à l'étude de la cellule folliculaire des glandes génitales des Gastéropodes, 115; rapports de MM. Van Beneden et Pelseneer, 13, 14. — Hommage d'ouvrage, 382.

De Donder (Théop.). Application nouvelle des invariants intégraux, n^o 1 (à l'examen), 1020.

De Heen (P.). Oscillations de l'éther de diverses formes et le phénomène de Zeeman, 41. — Hommage d'ouvrage, 1206. — Rapports. Voir : *Cabur (A.)*; *Hemptinne (A. de)*; *Lagrange (Eug.)*; *Meuris (Aug.)*; *Terby (Ch.)*; *Van den Bossche (Fern.)*; *Wattier (E.)*.

Delacre (M.). Recherches sur la synthèse graduelle de la chaîne benzénique (XI^e communication), 735. — Rapport : voir *Gesché (L.)*.

de la Vallée Poussin (Ch.). Décès, 378; paroles prononcées à sa mémoire par P. Mansion, 378; remerciements de la famille pour les témoignages de sympathie dont elle a été l'objet,

391. — Sa biographie pour l'*Annuaire* de 1904, par C. Malaise, 490, 895.
- de la Vallée Poussin (Ch.-J.)*. Remercie pour les sentiments exprimés au sujet de la maladie et de la mort de son père, 170, 391. — Rapport : voir *Beaupain (J.)*.
- De Puydt (Edm.)*. Soumet une note sur quelques théorèmes basés sur les propriétés des transversales, 492; dépôt aux archives après lecture du rapport de MM. Neuberg et Deruyts, 722.
- Derouaux (J.)*. Tracé myographique du cœur du lapin isolé, nourri au moyen du Liquide de Locke, 470; rapports de MM. Masius et Fredericq, 395, 396.
- Deruyts (J.)*. Rapports : voir *Beaupain (J.)*; *De Puydt (Edm.)*.
- Dewalque (G.)*. Hommage de sa carte géologique de la Belgique, 895. — Une roche feldspathique à Coë (Stavelot), 1012. — Élu membre de la Commission des finances, 1204. — Note bibliographique : voir *Cocchi (I.)*.
- De Wildeman (Ém.)*. Hommage d'ouvrage, 171.
- D'Hollander (F.)*. Hommage d'ouvrage, 896.
- Dollo (L.)*. Hommage d'ouvrage, 295. — *Eochelone brabantica*, Tortue marine nouvelle du Bruxellien (Éocène moyen) de la Belgique, 792. — Évolution des Chéloniens marins (Considérations bionomiques et phylogéniques), 801; rapports sur ces deux communications par MM. Fraipont, Dupont et Van Beneden, 725, 727.
- Doudou (Ern.)*. Hommage d'ouvrages, 1019.
- Duhem (P.)*. Remercie pour son élection d'associé et pour son diplôme, 7, 170. — Hommage d'ouvrage, 391.
- Dupont (Éd.)*. Rapport : voir *Dollo (L.)*.

E

- Ehrle (le R. P.)*. Hommage d'ouvrage, 171.
- Emmanuel (Constantin)*. Dépose un billet cacheté, 380.
- Errera (L.)*. Hommage d'ouvrages, 295, 1206. — Accepte d'écrire pour l'*Annuaire* la notice de Fr. Crépin, 639. — Rapport : voir *Bambeke (Ch. Van)*.
- Ertborn (O. van)*. Hommage d'ouvrages, 295, 382, 392, 491.

F

- Falloise (A.)*. Sur l'existence de l'alexine hémolytique dans le plasma sanguin, 521. — Action de l'acide chlorhydrique introduit dans l'intestin sur la sécrétion biliaire, 757. — Contribution à l'étude de la sécrétion biliaire : action du chloral, 1106; rapports de MM. Masius et Fredericq sur ces trois communi-

- cations, 492, 493, 724, 725, 1026, 1027.
- Ferron (Eug.)*. Solution complète du problème de l'équilibre d'un corps solide rigide ayant deux points fixes (dépôt aux archives). Rapports de MM. Lagrange et Massau, 174, 175. — Hommage d'ouvrage, 896.
- Fiévez (Ch.)*. Observations des Léonides, faites à Boitsfort en 1903, 1203; rapport de M. Terby, 1031.
- Fleig (C.)*. Du mode d'action de l'acide sur la sécrétion biliaire, 1095; rapport de MM. L. Fredericq et Masius, 1026.
- Flemming (W.)*. Remercie pour son élection et pour son diplôme d'associé, 7, 170.
- Folie (F.)*. Hommages d'ouvrages, 7, 720. — Délégué : 1^o à la célébration du XXV^e anniversaire de la mort du R. P. Angelo Secchi, 170; 2^o à la deuxième Conférence internationale de sismologie, 490, 639. — Sur la période du mouvement absolu d'un point de la Terre autour de l'axe instantané, 327; rapports de MM. Le Paige et Lagrange, 318, 319. — Sur la nutation chandlérienne (complément à mon rapport sur le mémoire de M. Darwin), 320. — Réplique à la note de M. Ch. Lagrange : Réclamation de priorité au sujet d'un mémoire de M. G. Darwin, 506. — Sur les refroidissements et les réchauffements produits par les étoiles filantes, 511. — Phénomènes périodiques observés à Tilff pendant les mois de mars et d'avril 1903, 440. — Sur des termes nouveaux du second ordre de la nutation, 684. Rapports : voir *Anonyme* (mémoire de concours); *Darwin (G.-H.)*.
- Fraipont (J.)*. Rapport : voir *Dollo (L.)*.
- Francotte (Polyd.)*. Élu membre titulaire, 1324.
- Fredericq (L.)*. Élu directeur pour l'année 1904, 9. — Rapports : voir *Bullot (G.)*; *Derouaux (J.)*; *Falloise (A.)*; *Fleig (C.)*; *Ioteyko (M^{lle} J.)*; *Nolf (P.)*; *Philippson (M.)*; *Philips (F.)*; *Stefanowska (M^{lle} M.)*.

G

- Gaudry (Alb.)*. Hommage d'ouvrage, 382.
- Gegenbaur (Karl)*. Décès, 638.
- Gegenbaur (M^{me} V^e)*. Remercie pour les condoléances qui lui ont été exprimées, 720.
- Gesché (L.)*. Contribution à l'étude de la synthèse du benzène. Note complémentaire sur l'action de la potasse caustique-alcoolique sur la dipnone, 136; rapport de MM. Delacre et Henry, 14, 15. — Recherches sur la synthèse graduelle de la chaîne benzénique, 735.
- Gillot (H.)*. Hommage d'ouvrage, 171.

Gobert (L.). Chargé d'exécuter le buste en marbre de J.-C. Houzeau, 6.

Gravis (A.). Rapport : voir *Bambeke (Ch. Van)*.

Guarini (E.). Hommage d'ouvrage, 1206.

H

Haeckel (Ern.). Hommage d'ouvrage, 491.

Heckers (O.). Adresse un ouvrage pour être soumis au jury pour le Prix Ch. Lagrange, 978.

Hemptinne (Alex. de). Dépose un pli cacheté, 295. — Étude sur la pression critique de luminescence des gaz, 851; rapport de MM. De Heen et Spring, 728.

Henry (L.). Observations de lexicographie chimique, 27. — Recherches sur les dérivés propyléniques, 397. — Recherches sur les composés monocarbonés, 495. — Hommage d'ouvrage, 391. — Rapports : voir *Bourgeois (Ed.)*; *Gesché (L.)*; *Petermann (Karl)*; *Swarts (Fred.)*; *Vandenberghe (Ad.)*.

Hepites (S.-C.). Hommage d'ouvrages, 640.

Hock (P.). Hommage d'ouvrages, 639.

I

Ioteyko (M^{lle} J.). Recherches algé-simétriques (en collaboration

avec M^{lle} Stefanowska), 199, 1356; rapports de MM. Vanlair et L. Fredericq, 177, 178.

J

Jacobs (F.). Hommage d'ouvrage, avec note par C. Le Paige (La grande pluie météorique de novembre 1899, par G. Barone), 11.

Jorissen (Arm.). Hommage d'ouvrages, 896. — Une réaction sensible du titane. Présence de composés titaniques dans le terrain houiller de Liège, 902. — Élu membre titulaire, 1324.

Julin (J.). Demande à pouvoir occuper en 1904 la table belge de la Station zoologique de Naples, 1206.

K

Kerremans (Ch.). Hommage d'ouvrages, 382, 1206.

Kölliker (A.). Hommage d'ouvrage, 1206.

L

Lagrange (Ch.). Réclamation de priorité au sujet d'un mémoire de M. G. Darwin : « The Eulerian nutation of the Earth's axis », et des rapports de MM. Folie et Le Paige sur ce mémoire; suivie d'une Note sur le mécanisme

- élémentaire de la rotation d'un corps autour de son centre d'inertie et sur la notion de l'infiniment petit absolu (avec Réponse de M. Le Paige, Observation de M. Mansion et Réplique de M. Folie), 344, 373, 374, 506. — Observations sur la « Réplique » de M. Folie, 980. — Newton et le principe de la limite (l'infiniment petit absolu), en réponse à des observations de MM. Mansion et Le Paige, 659. — Dépôts de billets cachetés, 894, 1019. — MÉCANIQUE RATIONNELLE. *La machine à mouvement perpétuel et la question du radium*. Sur la rotation indéfectible d'un système et la production indéfinie d'un travail utilisable, sous la seule action d'un potentiel (newtonien) fixe, 987. — LA QUESTION DE LA TANGENTE : Sur le fait que la tangente a, non pas un point unique, mais une « multitude » de points en commun avec la courbe (notion de la *continuité* et véritables principes de la démonstration de la *formule de Taylor*), 1033. — Rapports : voir *Anonyme* (Mémoire de concours), *Darwin* (G.); *Ferron* (Eug.); *Folie* (F.); *Wattier* (E.).
- Lagrange* (Eug.). Hommage d'ouvrage, 639. — Expériences nouvelles relatives à l'arc électrique et au phénomène de Duddel, 1084; rapport de MM. De Heen et Van der Mensbrughe, 1025.
- Lambert* (J.). Hommage d'ouvrage, 896.
- Lameere* (Aug.). Remercie pour son élection de correspondant, 6. — Nommé chevalier de l'Ordre de Léopold, 1018.
- Lancaster* (Alb.). Hommage d'ouvrages, 382, 391, 1019. — Délégué à la deuxième Conférence internationale de sismologie, à Strasbourg, 490, 639; compte rendu, 732. — Membre de la Commission de la *Biographie nationale*, 1204. — Réélu membre de la Commission des finances, 1204.
- Laouchèwitch* (I.). Hommage d'ouvrage, 979.
- Laurent* (Ém.). Recherches sur la synthèse des substances albuminoïdes par les végétaux (en collaboration avec Ém. Marchal), 55. — Chevalier de l'Ordre de Léopold (félicitations), 719; remercie et annonce son départ pour le Congo, 894. — Lettre datée de Léopoldville (20 octobre 1903), 1018. — Hommage d'ouvrages, 391, 896.
- Lecointe* (G.). Hommage d'ouvrages, 896, 979.
- Le Paige* (C.). Réponse à un travail de M. Ch. Lagrange, 373. — Officier de l'Ordre de Léopold (félicitations), 1018. — Note bibliographique : voir *Jacobs* (F.).

— Rapports : voir *Anonyme* (Mémoire de concours); *Darwin* (G.-H.); *Folie* (F.).
Lévy (M.). Élu associé, 1324.

M

Malaise (C.). Écrira pour l'*Annuaire* la notice de Ch. de la Vallée Poussin, 490; remet le manuscrit de cette notice, 895.
Mansion (P.). Président de l'Académie pour 1903, 6. — Promu commandeur de l'Ordre de Léopold, 1018. — Paroles prononcées à la mémoire : de sir G.-G. Stokes, 294; de Ch. de la Vallée Poussin, 378; de Fr. Crépin, 390; d'Alph. Renard et du général Brialmont, 718. — Observation et Déclaration relatives aux travaux de M. Ch. Lagrange sur les infiniment petits, 374, 1065. — Sur la portée objective du calcul des probabilités (discours), 1235. — Hommage d'ouvrage, 639. — Note bibliographique : voir *Stuyvaert* (M.). — Rapports : voir *Beaupain* (J.); *Michaux* (Ch.); *Servais* (C.).
Marchal (Chev. Edm.). Félicité pour ses cinquante années de services à l'Académie, 9.
Marchai (Ém.). Recherches sur la synthèse des substances albuminoïdes par les végétaux (en collaboration avec Ém. Laurent), 55. — Hommage d'ouvrages, 392.
Masius (J.-B.-V.). Promu com-

mandeur de l'Ordre de Léopold, 1018. — Rapports : voir *Bullot* (G.); *Derouaux* (J.); *Fallose* (A.); *Fleig* (C.); *Nolf* (P.); *Philips* (F.).
Massau (J.). Remercie pour son élection de correspondant, 6. — Rapport : voir *Ferron* (Eug.)
Meuris (Aug.). Note sur la nature de l'électricité (déposée aux archives après avis de MM. De Heen et Van der Mensbrugghe), 720, 897.
Michaux (Ch.). Sur la théorie des parallèles (Dépôt aux archives après avis de MM. De Tilly et Mansion), 12.
Ministre de l'Agriculture. Envoi d'ouvrages, 381. — Adresse des propositions relatives à la commande des bustes des académiciens, 894.
Ministre de l'Industrie et du Travail. Envois d'ouvrages, 391, 491.
Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique. Envois d'ouvrages, 7, 170, 294, 381, 391, 895.
Ministre des Finances et des Travaux publics. Envois d'ouvrages, 381, 491.
Monier (M.). Hommage d'ouvrage, 7. — Note sur la dissociation de la matière (à l'examen), 1206.
Mourlon (M.). Hommage d'ouvrages, 640. — Réélu membre de la Commission des finances, 1204.

N

Natuur- en geneeskundig Congres. Hommage d'ouvrages, 895.

Neuberg (J.). Officier de l'Ordre de Léopold (félicitations), 1018.

— Rapports : voir *De Puydt (Edm.)*; *Servais (C.)*.

Nolf (P.). Travaux soumis pour le Prix Th. Gluge, 8; rapports de MM. Masius, Plateau et Fredericq, 642, 655; lauréat, 654; proclamé, 1324. — De l'absorption péritonéale de la propeptone chez le chien, 1129. — De l'absorption intestinale de la propeptone chez le chien, 1149; rapports sur ces deux communications par MM. Masius et Fredericq, 1028, 1029, 1031.

O

Oechsner de Coninck (W.). Sur la pyrogénéation de quelques acides organiques dibasiques, 633. — Étude du chlorure d'uranyle, 709. — Observations sur quelques acides organiques dibasiques et sur l'acide phénylglycolique, 887. — Sur les sels d'or des bases pyridiques, 1082. — Rapports de M. Spring sur ces communications, 494, 656, 728, 1020.

P

Pâque (E.). Hommage d'ouvrages, 63, 896.

Pelseneer (P.). Élu membre titulaire, 1324. — Rapport : voir *De Bruyne (C.)*.

Petermann (Karl). DE L'INFLUENCE DU SOUFRE ET DES GROUPES SULFURÉS SUR L'ORDRE DE SUBSTITUTION DES ATOMES D'HYDROGÈNE DANS LES NOYAUX CYCLIQUES. Action de l'acide sulfurique sur le sulfure de phényle, 948. — Sur quelques dérivés sulfurés du sulfure de phényle, 957. Rapports de MM. Spring et Henry sur ces deux communications, 899, 900.

Pflüger (Ed.). Remercie pour son élection d'associé et pour son diplôme, 7, 170.

Philippson (M^{ce}). Les groupes cellulaires de la corne antérieure de la moelle des Sauriens, 161; rapport de MM. Van Beneden et Fredericq, 26.

Philips (Firmin). Sur les trémulations fibrillaires du cœur du chien, 455; rapport de MM. Masius et Fredericq, 394, 395.

Pierpont (Ed. de). Prix Guinard (VII^e période), 295.

Plateau (F.). Rapport : voir *Selys Longchamps (Marc de)*.

Plon (Ch.). Dépose un pli cacheté, 894.

Poincaré (J.). Remercie pour son élection d'associé et pour son diplôme, 7, 170.

Prinz (W.). Hommage d'ouvrage, 7. — Sur une émeraude étoilée de Muso, 283; rapport de MM. Renard et G. Cesàro, 176,

177. — Sur quelques propriétés optiques de la monazite de Nil-Saint-Vincent (Brabant) et sur la présence de la xénotime dans le même gisement (à l'examen), 896.

R

Raynaud. Observations sur quelques acides organiques dibasiques et sur l'acide phénylglycolique, 887; rapport de M. Spring, 728.

Renard (A.-F.). Vœux exprimés pour le rétablissement de sa santé, 638; remercie, 718. — Décès (paroles prononcées à sa mémoire par M. Mansion), 718. — Rapport : voir *Prinz (W.)*.

Renard (M^{me} Ve). Remercie pour les condoléances qui lui ont été adressées, 894.

Renault (B.). Hommage d'ouvrage, 640.

Reychler (A.). Hommage d'ouvrages, 896.

Roux (Wilhelm). Élu associé, 1324.

S

Schuyten (M.-C.). Hommage d'ouvrage, avec note de M. Van Bambeke (Paedologisch Jaarboek, 3^e en 4^e jaargang), 171, 173.

Secchi (Comité pour le XX^e anniversaire de la mort du R. P. *Angelo*). Invite l'Académie à la manifestation (M. Folie délégué), 170.

Segre (Corrado). Élu associé, 1324.

Selys Longchamps (Marc de). Mémoire couronné sur l'organisation et le développement d'un « Phoronis ». Rapports de MM. Van Beneden, Van Bambeke et Plateau, 1216, 1233. — Proclamé lauréat, 1323.

Servais (C.). Sur les faisceaux de surfaces du second ordre (*Mémoires in-8°*). Rapports de MM. Neuberg, Mansion et De Tilly, 1021, 1024.

Société belge d'astronomie. Voir *Jacobs (F.)*.

Société des sciences, des arts et des lettres du Hainaut, à Mons. Envoie le programme de ses concours, 381.

Société silésienne pour la culture nationale, à Breslau. Centième anniversaire (félicitations), 978.

Solvay (Ern.). Hommage d'ouvrage, 1019.

Spring (W.). Délégué à l'inauguration de la statue d'Auguste Kekulé, 490; discours prononcé à la mémoire de cet illustre chimiste, 637. — Élu membre de la Commission des finances, 1204. — Sur la diminution de densité qu'éprouvent certains corps à la suite d'une forte compression et sur la raison probable de ce phénomène, 1066. Rapports : voir *Bourgeois (Ed.)*; *Hemptinne (A. de)*; *Oechsner de Coninck (W.)*; *Petermann (Karl)*; *Raynaud*; *Swarts (Fr.)*;

Terby (Ch.); *Vandenberghe (Ad.)*; *Vanden Bossche (Fern.)*.
Stefanowska (M^{le}). Recherches algésimétriques (en collaboration avec M^{le} Ioteyko), 199, 1356; rapports de MM. Vanlair et L. Fredericq, 177, 178.

Stokes (sir Georges-Gabriel). Décès (paroles prononcées à sa mémoire par M. Mansion), 294. — Remerciements de l'Université de Cambridge pour les condoléances exprimées, 381.

Studnička (F.-J.). Décès, 294.

Stuyvaert (M.). Hommage d'ouvrage, avec note par P. Mansion (Surfaces algébriques engendrées par des courbes du deuxième et du troisième ordre), 171, 172.

Swarts (Fréd.). Sur la saponification des éthers par les oxydes insolubles en présence de l'eau, 441. — Sur l'acide difluoracétique, 597. — Rapports de MM. Spring et Henry sur ces deux communications, 393, 394, 493, 494.

T

Tackels (C.-J.). Hommage d'ouvrage, 720.

Teixeira (F. Gomes). Sur la série de Lagrange et ses applications (à l'examen), 897.

Terby (Ch.). Électrolyse des gaz, 687; rapport de MM. De Heen et Spring, 655, 656.

Terby (Fr.). Vœux exprimés pour le rétablissement de sa santé, 638; remercie, 718. — Rapport : voir *Fiévez (Ch.)*.

Tilly (J. De). Délégué auprès de la Commission administrative, 484. — Compte rendu de la réunion, à Londres, du Comité de l'Association internationale des Académies, 656, 729. — Rapports : voir *Cabuy (A.)*; *Michaux (Ch.)*; *Servais (C.)*.

U

Université de Cambridge. Remercie pour les condoléances qui lui ont été exprimées au sujet du décès de sir G.-G. Stokes, 381.

University of Colorado. Hommage d'ouvrage, 392.

V

Vandenberghe (Ad.). Contribution à l'étude de la dissociation des corps dissous (3^e communication), 908; rapport de MM. Spring et Henry, 897, 898.

Vanden Bossche (Fernand). Recherches sur la conductibilité électrique des flammes, 864; rapport de MM. De Heen et Spring, 728.

van den Bossche (baron L.). Hommage d'ouvrages, 171, 491, 640.

Van den Broeck (Ern.). Hommage d'ouvrages, 491, 640.

Van der Mensbrugghe (G.). Élu membre de la Commission des finances, 1204. — Rapports : voir *Lagrange (Eug.)*; *Meuris (A.)*.

Vanlair (C.). La physiologie du rire, 1295. — Rapport : voir *Ioteyko (M^{lle} J.)* et *Stefanowska (M^{lle} M.)*.

W

Wattier (E.). La Science (manuscrit déposé aux archives après lecture des rapports de MM. Lagrange et De Heen), 382, 492.

Weyr (Ed.). Décès, 1018.

Wytsman (P.). Hommage d'ouvrage, 1206.

TABLE DES MATIÈRES.

A

- Absorption* péritonéale de la propeptone chez le chien; par P. Nolf, 1129. — Absorption intestinale de la propeptone chez le chien; par P. Nolf, 1149; rapports de MM. Masius et Fredericq, 1028, 1029, 1031.
- Acide* (Sur l') difluoracétique; par Fréd. Swarts, 597; rapport de MM. Spring et Henry, 493, 494. — Observations sur quelques acides dibasiques et sur l'acide phénylglycolique; par MM. le Dr W. Oechsner de Coninck et Raynaud, 887; rapport de M. Spring, 728. — Voir *Pyrogénéation*; *Sécrétion*.
- Aérodynamique*. De la résistance de l'air. Expériences, études et formules nouvelles d'aérodynamique. De la puissance nécessaire pour obtenir le planement horizontal; par Arthur Cabuy (Dépôt aux archives). Rapports de MM. De Heen et De Tilly, 900, 901.
- Agriculture*. Voir *Chimie*.
- Alexine hémolytique*. (Sur l'existence de l') dans le plasma sanguin; par le Dr A. Falloise, 521; rapport de MM. Masius et Fredericq, 492, 493.
- Algèbre*. Voir *Surfaces*.
- Algésimétrie*. Recherches algésimétriques; par MM^{lles} J. Ioteyko et Stefanowska, 199, 1356; rapports de MM. C. Vanlair et L. Fredericq, 177, 178.
- An* (Jour de l'). Discours prononcé au Palais, le 1^{er} janvier 1903, par Éd. Van Beneden, 1.
- Analyse infinitésimale*. Sur la notion de l'infiniment petit absolu; par Ch. Lagrange, 341. — Réponse de M. Le Paige et Observation de M. Mansion, 373, 374. — Newton et le principe de la limite (l'infiniment petit absolu), en réponse à des observations de MM. Mansion et Le Paige; par Ch. Lagrange, 659. — Déclaration de M. Mansion, 1065. — Voir *Mécanique*; *Nutation*; *Tangente* (Question de la).
- Association internationale des Académies*. Réunion à Londres du Comité international, 7, 295; compte rendu; par le général J. De Tilly, 656, 729. — Com-

mission pour l'étude de l'anatomie de l'encéphale (M. Van Gehuchten, délégué), 381. Projet de constitution d'un Comité pour l'étude de cette question, 897.

Astronomie. La grande pluie météorique de novembre 1899; par G. Barone (Note par C. Le Paige), 11. — Voir *Léonides*; *Météorologie*; *Mécanique*; *Nutation*; *Prix Mailly*.

B

Benzène. Contribution à l'étude de la synthèse du benzène. Note complémentaire sur l'action de la potasse caustique alcoolique sur la dipnone; par L. Gesché, 136; rapport de MM. Delacre et Henry, 14, 15. — Recherches sur la synthèse graduelle de la chaîne benzénique (onzième communication); par M. Delacre et L. Gesché, 735.

Billets cachetés déposés par MM. Hemptinne (Alex. de), 295; Constantin Emmanuel, 380; Lagrange (Ch.), 894, 1019; Plon (Ch.), 894.

Biographie. Hommages rendus par M. Mansion, à la mémoire de : Sir Stokes (G.-G.), 294; Ch. de la Vallée Poussin, 378; Crépin (Fr.), 390; Renard (Alph.-Fr.) et Brialmont (Alexis.-H.), 718. — Voir *Kekulé* (Fr.-Aug.).

Biologie. M. Julin demande à

pouvoir occuper, en 1904, la table belge de la Station zoologique de Naples, 1206. — Voir : *Chimie* (substances albuminoïdes); *Cellule*; *Cytologie*.

Botanique. Voir *Chimie*; *Cytologie*.

Bustes des académiciens décédés.

M. Bonequet est chargé d'exécuter le buste de L.-G. de Koninck, 6. — M. Gobert celui de J.-C. Houzeau, 6. — Propositions de M. le Ministre de l'Agriculture relatives à la commande des bustes, 894.

C

Calcul des probabilités (Sur la portée objective du); par P. Mansion, 1235.

Cellule folliculaire des glandes génitales des Gastéropodes (Contribution à l'étude de la); par C. De Bruyne, 115; rapports de MM. Van Beneden et Pelseuer, 13, 14.

Charles-Théodore de Belgique (S. A. R. M^{re} le Prince). Sa naissance (Adresse au Roi), 978.

Chéloniens. Voir *Évolution*.

Chimie. Recherches sur la synthèse des substances albuminoïdes par les végétaux; par Ém. Laurent et Ém. Marchal, 55. — Observations de lexicographie chimique; par L. Henry, 27. — Voir *Acide*; *Benzène*; *Chlorures*; *Composés*; *Dén-*

- sité; Dérivés; Dissociation; Gaz; Plasticité; Prix Melsens; Pyrogénéation; Réaction; Saponification; Soufre.*
- Chlorure d'uranyle* (Étude du); par le Dr W. Oechsner de Koninck, 709; rapport de M. Spring, 656.
- Cœur. Voir Fibrillation; Physiologie.*
- Commission administrative.* M De Tilly élu membre pour 1903-1904, 484.
- Commission de la Biographie nationale.* M. Lancaster élu membre, 1204.
- Commission spéciale des finances.* Membres élus pour 1904, 1204.
- Composés monocarbonés* (Recherches sur les); par L. Henry, 495. — Présence de composés titaniques dans le terrain houiller de Liège; par A. Jorissen, 902.
- Compression.* Voir *Densité.*
- Concours.* Envois de programmes: Académie royale de médecine de Belgique, 380. Société des sciences, des arts et des lettres du Hainaut, 381.
- Concours annuel de la Classe des sciences:*
- 1903.** Programme, 298. — Mémoires reçus et désignation des commissaires, 721. — Rapports de MM. Folie, Le Paige et Lagrange (Mémoire sur les déviations périodiques de la verticale), 1207, 1209, 1212. —
- Mémoire couronné sur l'organisation et le développement d'un *Phoronis*; par Marc de Selys Longchamps. Rapports de MM. Van Beneden, Van Bambeke et Plateau, 1216, 1233. — Proclamation, 1322.
- 1904.** Programme, 300.
- Conductibilité.* Voir *Électricité.*
- Conférence* (II^e) internationale de sismologie à Strasbourg. MM. Folie et Lancaster délégués, 490, 639; compte rendu, par A. Lancaster, 732.
- Congo.* Départ de M. Laurent, 894. Lettre du même, écrite de Léopoldville, le 20 octobre, 1018.
- Congrès international de chimie à Berlin* (IV^e). Documents, 380.
- Congrès international de géologie à Vienne.* Programme de la IX^e session, 639.
- Congrès international de thalassothérapie à Biarritz*, 296.
- Congrès.* Voir *Association, Conférence.*
- Continuité* (Notion de la). Voir *Tangente.*
- Courbes.* Voir *Surfaces.*
- Cristallographie.* Voir *Émeraude; Goethite; Orientation; Plasticité; Roche.*
- Cytologie.* Les groupes cellulaires de la corne antérieure de la moelle des Sauriens, par M. Philippson, 161; rapport de MM. Van Beneden et Fredericq, 26. — L'évolution nucléaire et la sporulation chez *Hydnan-*

gium carneum Wallr.; par Ch. Van Bambeke, 515. — Mémoire sur le même sujet; par Ch. Van Bambeke (*Mémoires des Membres*, t. LIV). Lecture des rapports de MM. Errera et Gravis, 722; annexe à ce mémoire, 1032. — Voir *Cellule*.

D

Densité. Sur la diminution de densité qu'éprouvent certains corps à la suite d'une forte compression et sur la raison probable de ce phénomène; par W. Spring, 1066.

Dérivés. Recherches sur les dérivés propyléniques; par L. Henry, 397. — Voir *Sulfure*.

Dissociation des corps dissous (Contribution à l'étude de la); par Ad. Vandenberghe, 908; rapport de MM. Spring et Henry, 897, 898. — Sur la dissociation de la matière; par le Dr M. Monier (à l'examen), 1206.

Dons. Ouvrages imprimés : Albert I^{er} de Monaco (S. A. R. M^{er} le prince), 979; Athénée de Brescia, 895; Barone (G.), 7; Beaujean (C.), 979; Bommer (Ch.), 382; Bosmans (H.), 720; Brachet (A.), 896; Cocchi (I.), 7; Conseil international pour l'exploration de la mer, 639, 895; De Bruyne (C.), 382; De Heen (P.), 1206; Dewalque (G.), 895; De Wilde-
man (Em.), 171; D'Hollander

(F.), 896; Dollo (L.), 295; Doudou (Ern.), 1019; Duhem (P.), 391; Erhle (le R. P.), 171; Errera (L.), 295, 1206; Ertborn (O. van), 295, 382, 392, 491; Ferron (Eug.), 896; Folie (F.), 7, 720; Gaudry (Alb.), 382; Gillot (H.), 171; Guarini (E.), 1206; Haeckel (Ern.), 491; Henry (L.), 391; Hepites (S.-G.), 640; Hock (P.), 639; Jacobs (F.), 11; Jorissen (Arm.), 896; Kerremans, (Ch.), 382, 1206; Kölliker (A.), 1206; Lagrange (Eug.), 639; Lambert (J.), 896; Lancaster (Alb.), 382, 391, 1019; Laouché-
witch (I.), 979; Laurent (Em.), 391, 896; Lecoïnte (G.), 896, 979; Mansion (P.), 639; Marchal (Em.), 392; Ministre de l'Agriculture, 381; Ministre de l'Industrie et du Travail, 391, 491; Ministre de l'Intérieur et de l'Instruction publique, 7, 170, 294, 381, 391, 895; Ministre des Finances et des Travaux publics, 381, 491; Monier (M.), 7; Mourlon (M.), 640; Natuur- en geneeskundig Congres, 895; Pâque (E.), 63, 896; Prinz (W.), 7; Renault (B.), 640; Reychler (A.), 896; Schuyten (M.-C.), 171; Solvay (Ern.), 1019; Stuyvaert (M.), 171; Tackels (C.-J.), 720; University of Colorado, 392; van den Bossche (baron L.), 171; Vanden Broeck (Ern.), 491, 640; Wytsman (P.), 1206.

Dynnone. Voir *Benzone*.

E*Élections et Nominations :*

1902 (Décembre). Remerciements, 6, 170.

1903. M. Mansion nommé Président de l'Académie, 6. — M. Van Beneden élu correspondant de l'Académie impériale des sciences de Saint-Petersbourg, 378.

1903 (Juin). M. G.-H. Darwin élu associé, 635; remercie, 638.

1903 (Décembre). MM. Jorissen. Francotte et Pelseneer élus membres titulaires et MM. Segre, Roux et Lévy élus associés, 1324.

1904 M. L. Fredericq élu directeur, 9.

Électricité. Recherches sur la conductibilité électrique des flammes; par Fernand Vanden Bossche, 864; rapport de MM. De Heen et Spring, 728. — Sur la nature de l'électricité; par Aug. Meuris, 720. Dépôt de cette note aux archives après avis de MM. De Heen et Van der Mensbrugghe, 897. — Expériences nouvelles relatives à l'arc électrique et au phénomène de Duddell; par Eug. Lagrange, 1084; rapport de MM. De Heen et Van der Mensbrugghe, 1025. — Voir *Éther*.

Électrolyse. Voir *Gaz*.

Émeraude étoilée de Muso (Sur

une); par W. Prinz, 283; rapport de MM. A. Renard et G. Cesàro, 176, 177.

Enseignement. Voir *Pédologie*.

Eochelone brabantica. Voir *Évolution*; *Tortue*.

Équilibre d'un corps solide rigide ayant deux points fixes (Solution complète du problème de l'); par Eug. Ferron (Dépôt aux archives). Rapports de MM. Ch. Lagrange et J. Massau, 174, 175.

Éther. Oscillations de l'éther de diverses formes et le phénomène de Zeeman; par P. De Heen, 41.

Éthers. Voir *Saponification*.

Étoiles filantes. Voir *Astronomie*; *Léonides*; *Météorologie*.

Évolution des Chéloniens marins; par L. Dollo, 801; rapports de MM. Fraipont, Dupont et Van Beneden, 725, 727.

Évolution nucléaire. Voir *Cytologie*.

F

Faune belge. Voir *Évolution*; *Prix de Selys Longchamps*; *Tortue*.

Fibrillation. Sur les trémulations fibrillaires du cœur du chien; par Firm. Philips, 455; rapport de MM. Masius et Fredericq, 394, 395.

Finlandia; par I. Cocchi (Note par G. Dewalque), 11.

Flammes. Voir *Électricité*.

Fonctions. Sur la fonction log

(a) et sur la fonction $\log G_\lambda(a)$. (*Mémoires des savants étrangers*, in-4^o, t. LXII.) Rapports de M. C.-J. de la Vallée Poussin, J. Deruyts et Mansion, 722, 724. Sur la fonction gamma double; par J. Beaupain (à l'examen), 1019.

Formule de Taylor. Voir *Tangente*.

G

Gaz. Étude sur la pression critique de luminescence des gaz; par Alex. de Hemptinne, 851; rapport de MM. De Heen et Spring, 728. — Électrolyse des gaz; par Ch. Terby, 687; rapport de MM. De Heen et Spring, 655, 656.

Géographie. Voir *Finlandia*.

Géologie. Voir *Composés titaniques*; *Roche*.

Géométrie. Voir *Parallèles*; *Prix François Deruyts*; *Surfaces*; *Tangente*; *Transversales*.

Goethite (La); par G. Cesàro, 179.

H

Hydnangium carneum. Voir *Cytologie*.

Hydrogène (Atome d'). Voir *Soufre*.

I

Invariants intégraux (Application nouvelle des); par Th. De Donder (à l'examen), 1020.

J

Jubilé. Vingt-cinquième anniversaire de la mort du R. P. Angelo Secchi (M. Folie délégué), 170. — Cinquantenaire de M. le chevalier Edm. Marchal (paroles prononcées par M. Éd. Van Beneden), 9. — Cinquantenaire de l'Athénée de Brescia. — Ouvrages offerts, 895. — Centenaire de la Société silésienne. Félicitations, 978.

K

Kekulé (Fr.-Aug.). Inauguration de sa statue, à Bonn (M. Spring délégué), 490; discours prononcé à sa mémoire; par M. Spring, 657.

L

Laboratoire de Naples. Voir *Biologie*.

Léonides. Observations faites à Boitsfort en 1903; par Ch. Fiévez, 1293; rapport de M. Fr. Terby, 1034.

Léopold II, Roi des Belges (S. M.). Adresse de l'Académie au sujet de la naissance de S. A. R. M^{gr} le Prince Charles-Théodore, 978.

Lexicographie. Voir *Chimie*.

Luminescence. Voir *Gaz*.

M

Mathématiques. Voir *Algèbre*; *Calcul des probabilités*; *Fonc-*

tions; *Géométrie; Invariants; Mécanique; Prix Bolyai; Série.*

Mécanique. Sur la période du mouvement absolu d'un point de la Terre autour de l'axe instantané; par F. Folie, 327; rapports de MM. Le Paige et Lagrange, 318, 319. — Note sur le mécanisme élémentaire de la rotation d'un corps autour de son centre d'inertie...; par Ch. Lagrange, 341. — MÉCANIQUE RATIONNELLE. *La machine à mouvement perpétuel et la question du radium.* Sur la rotation indéfectible d'un système et la production indéfinie d'un travail utilisable sous la seule action d'un potentiel (newtonien) fixe; par Ch. Lagrange, 987. — Voir *Analyse infinitésimale; Équilibre; Nutation.*

Médecine. Voir *Algésimétrie; Physiologie; Sécrétion.*

Météorologie. Sur les refroidissements et les réchauffements produits par les étoiles filantes; par F. Folie, 521. — Voir *Phénomènes périodiques.*

Minéralogie. Voir *Émeraude; Gœthite; Monazite; Roche.*

Monazite. Sur quelques propriétés optiques de la monazite de Nil-Saint-Vincent (Brabant) et sur la présence de la xénotime dans le même gisement; par W. Prinz (à l'examen), 896.

Monument. Voir *Kekulé (Fr.-Aug.).*

Mouvement absolu. Voir *Mécanique.*

N

Nécrologe. Brialmont (Alexis-H.), 718; Cremona (Luigi), 638, 720; Crépin (Fr.), 390, 490; de la Vallée Poussin (Ch.), 378, 391; Gegenbaur (Karl), 638, 720; Renard (Alph.-François), 718, 894; Stokes (Sir George-Gabriel), 294, 381; Studnicka (Fr.-J.), 294; Weyr (Éd.), 1018.

Nitrate sodique. Voir *Plasticité.*

Notices biographiques pour l'Annuaire. M. L. Errera écrira la notice de Fr. Crépin, 639. — M. Malaise, celle de Ch. de la Vallée Poussin, 490; remet le manuscrit de sa notice, 895.

Nutation (The Eulerian) of the Earth's axis; by G.-H. Darwin, 147; rapports de MM. Folie et Le Paige, 15, 17; complément à mon rapport (sur la nutation chandlérienne), par F. Folie, 320. — Réclamation de priorité au sujet du mémoire de M. G.-H. Darwin et des rapports de MM. Folie et Le Paige, suivie d'une Note sur le mécanisme élémentaire de la rotation d'un corps autour de son centre d'inertie et sur la notion de l'infiniment petit absolu; par Ch. Lagrange, 341. — Réplique de M. Folie à M. Ch. Lagrange, 506. — Observations sur cette

réplique; par Ch. Lagrange, 950.
— Sur des termes nouveaux du second ordre de la nutation; par F. Folie, 684. — Voir *Analyse infinitésimale*; *Mécanique*.

O

Ordre de Léopold. MM. Van Beneden, Masius et Mansion promus commandeurs, 1018; Le Paige et Neuberg promus officiers, 1018; Laurent et Lameere nommés chevaliers, 719, 1018; remerciements, 894, 1018.

Orientation. Sur un curieux phénomène d'orientation par laminage; par G. Cesàro, 432.

Ouvrages présentés. Janvier, 166; février, 289; mars, 375; avril, 384; mai, 484; juin, 635; juillet, 713; août, 890; octobre, 971; novembre, 1014; décembre, 1333.

Oxydes. Voir *Saponification*.

P

Paléontologie. Voir *Évolution*; *Tortue*.

Parallèles (Sur la théorie des); par Ch. Michaux. Dépôt aux archives après avis de MM. De Tilly et Mansion, 12.

Pédologie. Paedologisch Jaarboek, 3^e en 4^e jaargang; door M.-C. Schuyten (Note par Ch. Van Bambeke), 173.

Phénomènes périodiques observés à Tilff pendant les mois de mars et d'avril 1903; par F. Folie, 440.

Phényle. Voir *Sulfure*.

Phonoris (Mémoire sur un). Voir *Concours de la Classe*, 1903.

Physiologie. Tracé myographique du cœur du lapin isolé nourri au moyen du liquide de Locke; par J. Derouaux, 470; rapport de MM. Masius et L. Fredericq, 395, 396. — Voir *Absorption*; *Alexine hémolytique*; *Fibrillation*; *Prix Théophile Gluge*; *Psychologie*; *Rire*; *Sécrétion*; *Sérum sanguin*.

Physique. Voir *Densité*; *Prix Louis Melsens*.

Physique du globe. Voir *Phénomènes périodiques*; *Prix Charles Lagrange*.

Plasma sanguin. Voir *Alexine*.

Plasticité du nitrate sodique; par G. Cesàro, 438.

Potasse caustique. Voir *Benène*.

Pression critique. Voir *Gaz*.

Prix Bolyai (Mathématiques). Programme, 296.

Prix François Deruyts (Géométrie supérieure) : **1902-1906** (1^{re} période). Règlement, 317.

Prix Théophile Gluge (Physiologie) :

1901-1902 (première période). Travaux reçus et désignation des commissaires, 8; rapport de MM. Masius, Plateau et Fredericq, 642, 655. Lauréat :

M. le Dr P. Nolf, 654; proclamé, 1324.

1903-1904 (II^e période).
Fondation et Règlement, 315.

Prix Guinard (VII^e période).
M. Édouard de Pierpont lauréat, 295.

Prix Charles Lagrange :

1901-1904 (I^{re} période).
Fondation et Règlement, 310.
— Ouvrage soumis par M. O. Heckers, 978.

Prix Charles Lemaire : **1901-1903** (VI^e période). Programme, 304. — Aucun ouvrage n'a été reçu, 641.

Prix Édouard Mailly : **1900-1903** (III^e période). Fondation et Règlement, 305.

Prix Louis Melsens : **1900-1904** (I^{re} période). Fondation et Règlement, 307.

Prix de Selys Longchamps (pour la faune belge) : **1901-1906** (I^{re} période). Fondation et Règlement, 313.

Prix Stas (Chimie). Non décerné en 1904, 1205.

Prix décennal des mathématiques appliquées :

1894-1902 (II^e période).
Liste de dix noms pour la formation du jury, 6, 10.

Prix décennal des sciences zoologiques :

1892-1901 (I^{re} période).
M. Van Bambeke lauréat, 6. —
M. le Ministre de l'Intérieur

envoie trente-cinq exemplaires du rapport du jury, 294.

Probabilités. Voir *Calcul des probabilités*.

Propeptone. Voir *Absorption*.

Psychologie. Voir *Algésimétrie*.

Publications de l'Académie. Demande d'échange par l'Académie royale d'agriculture de Turin, 640.

Pyrogénéation (Sur la) de quelques acides organiques dibasiques; par le Dr W. Oechsner de Coninck, 633; rapport de M. Spring, 494.

R

Radium. Voir *Mécanique*.

Réaction (Une) sensible du titane; par Arm. Jorissen, 902.

Rire (La physiologie du,; par G. Vanlair, 1295.

Roche (Une) feldspathique à Goo (Stavelot); par G. Dewalque, 1012.

S

Sang. Voir *Sérum*.

Saponification. Sur la saponification des éthers par les oxydes insolubles en présence de l'eau; par Fréd. Swarts, 441; rapport de MM. Spring et Henry, 393, 394.

Sauriens. Voir *Cytologie*.

Science (La); par E. Wattier (à l'examen), 382; dépôt aux

archives après lecture des rapports de MM. Ch. Lagrange et De Heen, 492.

Sécrétion biliaire. Action de l'acide chlorhydrique introduit dans l'intestin sur la sécrétion biliaire; par le Dr A. Falloise, 757. — Contribution à l'étude de la sécrétion biliaire: action du chloral, par le même, 1106. — Du mode d'action de l'acide sur la sécrétion biliaire; par C. Fleig, 1095. — Rapports de MM. Fredericq et Masius sur ces trois communications. 724, 725, 1026, 1027.

Sels d'or des bases pyridiques (Sur les); par le Dr W. Oechsner de Coninck, 1082; avis de M. Spring, 1020.

Série (Sur la) de Lagrange et ses applications; par F. Gomes Teixeira (à l'examen), 897.

Sismologie. Voir *Conférence*.

Soufre (De l'influence du) et des groupes sulfurés sur l'ordre de substitution des atomes d'hydrogène dans les noyaux cycliques; par Éd. Bourgeois et Karl Petermann, 948. — Voir *Sulfure*.

Sporulation. Voir *Cytologie*.

Station zoologique de Naples. Voir *Biologie*.

Sulfure de phényle. Action de l'acide sulfurique sur le sulfure de phényle; par MM. Éd. Bourgeois et Karl Petermann, 948. — Sur quelques dérivés sulfurés du sulfure de phényle; par les

mêmes, 957. — Rapports de MM. Spring et Henry sur ces deux communications, 899, 900.

Surfaces. Étude de quelques surfaces algébriques engendrées par des courbes du second et du troisième ordre; par M. Stuyvaert (note par M. Mansion). 172. — Surfaces du second ordre (Sur les faisceaux de); par C. Servais (*Mémoires* in-8°). Rapports de MM. Neuberg, Mansion et De Tilly, 1024, 1024.

T

Tangente (La question de la). Sur le fait que la tangente a, non pas un point unique, mais une « multitude » de points en commun avec la courbe (notion de la *continuité* et véritable principe de la démonstration de la *formule de Taylor*); par Ch. Lagrange, 1033.

Terre. Voir *Mécanique*.

Titane. Voir *Composés*; *Réaction*.

Tortue. EOCHELONE BRABANTICA, tortue marine nouvelle du Bruxellien (Éocène moyen) de la Belgique; par L. Dollo, 792; rapports de MM. Fraipont, Dupont et Van Beneden, 725, 727.

Transversales (Quelques théorèmes basés sur la théorie des); par Edm. De Puydt (Dépôt aux archives). Lecture des rapports

de MM. Neuberg et Deruyts,
492, 722.

Travaux publics. Voir *Prix*
Charles Lemaire.

U

Uranyle. Voir *Chlorure.*

X

Xénotime. Voir *Monazite.*

Z

Zoologie. Voir *Biologie; Cyto-
logie; Évolution; Tortue.*

TABLE DES PLANCHES ET DES FIGURES.

CESARO (G.). La Gœthite (9 figures), 181-193.

DARWIN (G.-H.). The Eulerian nutation of the Earth's axis (1 figure), 149.

DE HEEN (P.). Oscillation de l'éther de diverses formes et le phénomène de Zeeman (10 figures), 27-54.

DEROUAUX (J.). Tracé myographique du cœur du lapin isolé, nourri au moyen du liquide de Locke (1 figure et 18 graphiques), 472, 475, 477, 480-483.

FALLOISE (A.). Action de l'acide chlorhydrique introduit dans l'intestin sur la sécrétion biliaire (4 figures), 779, 781.

FLEIG (C.). Du mode d'action de l'acide sur la sécrétion biliaire (8 figures), 1098-1105.

FOLIE (Fr.). Sur la période du mouvement absolu d'un point de la Terre autour de l'axe instantané (1 figure), 329.

Sur les refroidissements et les réchauffements produits par les étoiles filantes (1 figure), 513.

IOTEYKO (M^{lle} J.) et STEFANOWSKA (M^{lle} M.). Recherches algési-métriques (1 figure), 213.

LAGRANGE (Ch.). Réclamation de priorité au sujet d'un mémoire de M. G. Darwin : « The Eulerian nutation of the Earth's axis », etc. (3 figures), 349, 351, 352.

Mécanique rationnelle. La machine à mouvement perpétuel et la question du radium. Sur la rotation indéfectible d'un système et la production indé-

finie d'un travail utilisable, sous la seule action d'un potentiel (newtonien) fixe (1 figure), 988.

La question de la tangente (3 figures), 1040, 1042, 1043.

LAGRANGE (EUG.). Expériences nouvelles relatives à l'arc électrique et au phénomène de Duddel (3 figures), 1085, 1088, 1092.

LE PAIGE (C.). Rapport sur le mémoire de M. G.-H. Darwin : « The Eulerian nutation of the Earth's axis » (3 figures), 18, 20, 21.

PHILIPPSON (M.). Les groupes cel-

lulaires de la corne antérieure de la moelle des Sauriens (4 figures), 103, 104.

PHILIPS (F.). Sur les trémulations fibrillaires du cœur du chien (3 graphiques), 468.

PRINZ (W.). Sur une émeraude étoilée de Muso (4 figures), 284-287.

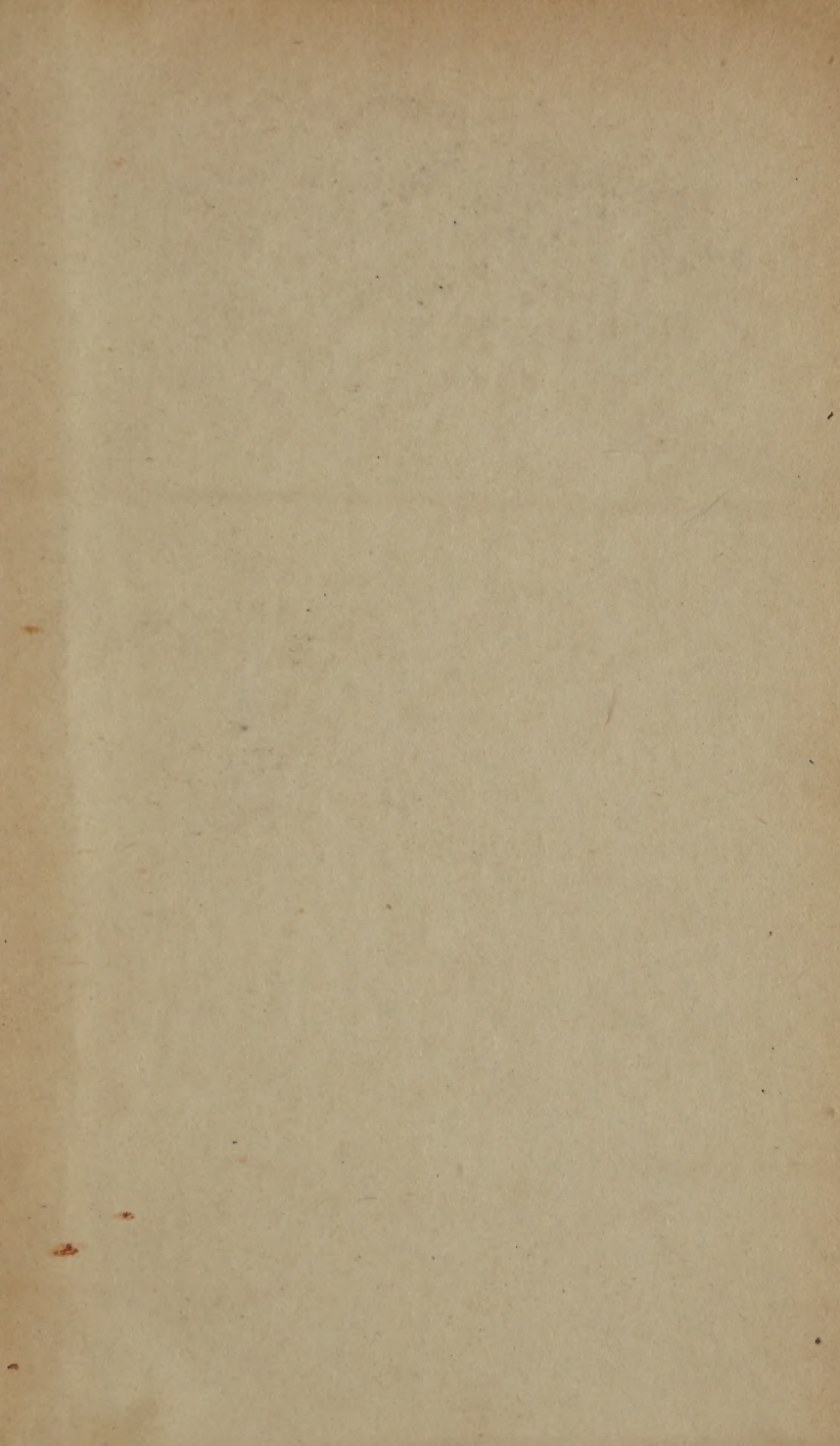
SWARTS (FRÉD.). Sur l'acide difluoracétique (1 diagramme), 611.

TERBY (CH.). Électrolyse des gaz (2 figures), 692, 704.

ERRATA.

Les notes au bas des pages 203 et 209 doivent être supprimées.







3 0112 105633389